



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

Ingeniería Mecánica, Térmica y de Fluidos

Área de Máquinas y Motores Térmicos

TRABAJO FIN DE GRADO

**MEJORA DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y ADQUISICIÓN
DE DATOS DE UNA BOMBA DE CALOR**

Grado en

Ingeniería de la Energía

Autor: Manuel Cobos Robles

Tutor: Bernardo Peris Pérez

MÁLAGA, septiembre de 2023

Resumen

La electrificación de la climatización en combinación con la generación de energía según fuentes renovables, se ha posicionado como una solución en los planes de acción contra el cambio climático e independencia energética de la Unión Europea. En este contexto, las bombas de calor aerotérmicas emergen como una tecnología esencial, aprovechando eficientemente la energía contenida en el aire para una variedad de aplicaciones, incluyendo la producción de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción. Su papel adquiere relevancia especial en la implementación de edificios de consumo de energía casi nulo (CECN), fundamentales para la reducción del impacto ambiental de los edificios.

El objetivo central de este proyecto reside en la mejora del sistema de monitorización y adquisición de datos de una bomba de calor aerotérmica. Esta mejora se logra mediante la incorporación de diversos sensores, que permiten una comprensión más profunda del funcionamiento de esta tecnología. El sistema de monitorización y adquisición de datos desarrollado en este proyecto, tiene la función de recopilar y visualizar datos en tiempo real que son críticos para entender el funcionamiento de la bomba de calor en diversas condiciones operativas. Estos datos, analizados de manera adecuada, proporcionan información valiosa para evaluar parámetros de interés como el rendimiento y su evolución a lo largo del tiempo.

El sistema de monitorización y adquisición de datos se compone de un PLC SIMATIC ET 200SP de Siemens, una pantalla HMI (Human-Machine Interface), los sensores y los periféricos necesarios para su implementación. La ampliación realizada en el sistema permite una mayor recopilación de datos relacionados con la temperatura y la presión en el ciclo termodinámico de la bomba de calor. Además, permite conocer el caudal de refrigerante y la energía consumida por el compresor. La recopilación y visualización de estos datos se han implementado utilizando el software TIA Portal v17. Finalmente, se ha llevado a cabo una validación del sistema de adquisición de datos y el sistema de monitorización para garantizar su correcto funcionamiento.

Palabras clave: Bomba de calor aerotérmica, edificios de consumo de energía casi nulo (CECN), PLC, HMI, TIA Portal V17.

Abstract

The electrification of air conditioning, combined with energy generation from renewable sources, has emerged as a solution in the European Union's plans to combat climate change and achieve energy independence. In this context, air source heat pumps (aerothermic heat pumps) play a crucial role by efficiently harnessing the energy contained in the air for various applications, including domestic hot water production and heating. Their significance is particularly notable in the implementation of nearly zero-energy buildings (nZEBs), which are essential for reducing the environmental impact of buildings.

The primary objective of this project is to enhance the monitoring and data acquisition system of an air source heat pump. This improvement is achieved by incorporating various sensors, enabling a deeper understanding of the operation of this technology. The monitoring and data acquisition system developed in this project is designed to collect and display real-time data critical for comprehending the heat pump's performance under different operating conditions. Properly analyzed, these data provide valuable insights into parameters of interest, such as performance and its evolution over time.

The monitoring and data acquisition system consists of a Siemens SIMATIC ET 200SP PLC, a Human-Machine Interface (HMI) screen, and the necessary sensors and peripherals for its implementation. The system expansion allows for greater data collection related to temperature and pressure in the heat pump's thermodynamic cycle. Furthermore, it enables tracking refrigerant flow rates and compressor energy consumption. Data collection and visualization have been implemented using the TIA Portal v17 software. Finally, validation of the data acquisition system and monitoring system has been carried out to ensure their proper functioning.

Key words: aerothermic heat pump, nearly zero-energy buildings (nZEBs), PLC, HMI, TIA Portal V17.

Para mi padre.

Agradecimientos

Agradezco a mi madre, mi familia y mis amigos por apoyarme siempre. A Bernardo por contagiarme su entusiasmo y ser un gran mentor. A Diego y a Vicente por su ayuda. A los dos Marco por los valores que han transmitido.

Índice

Resumen	3
Abstract	5
Agradecimientos	9
1 Introducción	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Motivación	3
1.3 Objetivos	4
1.4 Alcance de trabajo	5
1.5 Descripción del documento	6
2 Descripción del sistema	7
3 Sistema de adquisición de datos analógicos	12
3.1 Instrumentación y sensores de temperatura	12
3.2 Instrumentación y sensores de presión	14
3.3 Comunicación de los sensores de temperatura con el PLC	15
3.4 Comunicación de los sensores de presión con el PLC	17
3.5 Desarrollo de la medición en el software	18
3.5.1 Medición de temperatura	19
3.5.2 Medición de presión	22

4	Sistema de adquisición de datos mediante Modbus RTU	26
4.1	Configuración y conexión del vatímetro al PLC	26
4.2	Implementación del protocolo Modbus RTU en el PLC	29
4.3	Tratamiento de los datos	41
5	Gestión de datos del caudalímetro	45
5.1	Conexión	45
5.2	Registro de datos	47
5.3	Monitorización	48
6	Registro de datos	50
6.1	DataLogCreate	51
6.2	DataLogOpen	55
6.3	DataLogWrite	57
7	Monitorización del sistema	62
7.1	Menú principal	63
7.2	Información sobre las sondas analógicas	64
7.3	Lectura de datos analógicos	65
7.4	Analizadores de potencia	67
8	Validación del software	69
8.1	Demostración del funcionamiento del registro	69
8.2	Demostración del funcionamiento de la monitorización	72
9	Conclusiones y trabajos futuros	78
9.1	Conclusiones	78
9.2	Trabajos futuros	79
A	Anexos	81
A.1	Cambio ID Modbus analizador de potencia	81
A.2	Mediciones del caudalímetro	83

Índice	13
A.3 Mediciones en un ensayo de calentamiento por el PLC	87
Bibliografía	98

Índice de figuras

1.1	Aeroterminia (izquierda) y equipo de monitorización y adquisición de datos (derecha).	3
2.1	Aeroterminia y enfriadora antes de las modificaciones	8
2.2	Aeroterminia modelo rdj-23/300s y sus partes.	9
2.3	Sistema de adquisición de datos.	11
3.1	Montaje de termopares.	13
3.2	Montaje de transductores de presión.	15
3.3	Diagrama del módulo de entradas analógicas 6ES7 134-6JD00-0CA1.	16
3.4	Diagrama de la conexión eléctrica utilizada en el transductor de presión.	17
3.5	Diagrama del módulo de entradas analógicas 6ES7134-6HD01-0BA1.	18
3.6	Configuración de los módulos de entradas analógicas asociados a los termopares.	19
3.7	Configuración de las entradas de un módulo correspondiente al termopar.	20
3.8	Etiquetas asociadas a las entradas de los termopares.	20
3.9	Etiquetas asociadas a las temperaturas en grados centígrados. . .	21
3.10	Bloque conversión a grados centígrados mediante la función DIV. .	21
3.11	Conversión a grados centígrados de los termopares conectados en los tres módulos.	22

3.12 Configuración del módulo de entradas analógicas asociado a las sondas de presión.	23
3.13 Configuración de las entradas de un módulo asociado al sensor de presión.	23
3.14 Etiquetas asociadas a las presiones.	24
3.15 Función para el escalado de la lectura de un sensor de presión de 25 bar.	25
3.16 Bloque para la conversión de las lecturas hechas por los sensores de presión.	25
4.1 Esquema de la conexión eléctrica del vatímetro.	27
4.2 Asignación de los pines del módulo de comunicaciones CmPTP a la unidad base.	28
4.3 Montaje del analizador de potencia del compresor.	28
4.4 Instrucción Modbus Communication.	30
4.5 Bloque de datos MBLOAD.	32
4.6 Configuración de la instrucción Modbus Communication Load. . .	33
4.7 Instrucción Modbus Master.	34
4.8 Bloque de datos MBCONFIG	36
4.9 Funciones lógicas que determinan el funcionamiento del parámetro REQ.	37
4.10 Cambio alternativo del parámetro MB_ADDR.	38
4.11 Mapa de memoria vatímetro M2DL2.	39
4.12 Funciones Modbus.	40
4.13 Bloque de datos DATA_BUFF.	41
4.14 Bloque de datos MB_Collection.	42
4.15 Función Move_Data.	43
4.16 Función de conversión de datos del vatímetro.	43
4.17 Bloque de datos "Datos_Vatímetros".	44
5.1 Alimentación del caudalímetro (conectores 1 y 2) y comunicación Modbus (conectores 3 y 4).	46
5.2 Ajustes de registro de datos en FlowVision 2.0.	47

5.3	Ejemplo de registro de datos del caudalímetro.	48
5.4	Ejemplo de monitorización de datos del caudalímetro.	48
5.5	Caudalímetro y monitorización de datos.	49
6.1	Procedimiento de almacenamiento de datos.	51
6.2	Variable tipoDatoRegistrado.	52
6.3	Instrucción DataLogCreate.	52
6.4	Variables de la instrucción DataLogCreate en el bloque Registro_DB2.	53
6.5	Instrucción "DataLogCreate" configurada.	55
6.6	Instrucción DataLogOpen.	55
6.7	Variables de la instrucción DataLogOpen en el bloque Registro_DB2.	56
6.8	Instrucción DataLogOpen configurada.	57
6.9	Variables de entrada del bloque de función Registro.	58
6.10	Transferencia de datos hacia la estructura "DATOS.Señales" desde las variables de entrada.	59
6.11	Instrucción DataLogWrite configurada.	59
6.12	Función registro sin configurar.	60
6.13	Función registro configurada con datos de los vatímetros.	61
7.1	Etiquetas del HMI "HMI tags".	63
7.2	Pantalla "MENÚ PRINCIPAL".	63
7.3	Configuración del cambio de pantalla.	64
7.4	Pantalla "Información distribución de sondas analógicas".	65
7.5	Pantalla "Lectura de datos analógicos".	66
7.6	Configuración de un cuadro de monitorización.	66
7.7	Configuración de las gráficas.	67
7.8	Analizador de potencia de la aerotermia.	68
8.1	Registro de datos del día 19 de julio.	69
8.2	Curva de calentamiento en la parte baja del depósito.	70
8.3	Potencia activa en la aerotermia y en el compresor.	71

8.4	Menú principal.	72
8.5	Información distribución de sondas analógicas.	73
8.6	Lectura de datos analógicos.	73
8.7	Presión de salida del compresor.	74
8.8	Analizador de de Potencia Aerotermia.	75
8.9	Potencia activa de la aerotermia.	75
8.10	Analizador de de Potencia Compresor.	76
8.11	Potencia activa del compresor.	77
A.1	Ejemplo del mapa de memoria del dispositivo M2DL2.	82
A.2	Bloque de memoria DATA_WRITE.	83
A.3	Bloque Modbus Master.	83

Índice de Tablas

4.1	Parámetros de la instrucción “Communication”	31
4.2	Parámetros de la instrucción “Modbus Master”	35
5.1	Cables utilizados en la comunicación del caudalímetro.	46
6.1	Parámetros de la instrucción DataLogCreate	54
6.2	Parámetros de la instrucción DataLogOpen	56

Capítulo 1

Introducción

El Pacto Verde Europeo tiene como objetivo la neutralidad de carbono para el año 2050 [1], lo que implica una reducción significativa de emisiones de gases de efecto invernadero. Además, en el contexto de la situación global, se ha puesto de manifiesto la vulnerabilidad del mix energético europeo, dependiente en exceso de importaciones de fuentes de energía primaria como es el gas natural. Por lo tanto, a la vez que se busca la descarbonización del sistema energético, se busca también hacer la transición a una mayor independencia energética. Esto se fundamenta en el desarrollo de un sector eléctrico que se base en gran medida en fuentes de energía renovable.

En este ámbito, de acuerdo con el artículo 9 de la directiva Directiva europea 2010/31/UE [2], todos los edificios de nueva construcción a partir del 31 de diciembre de 2020 deben ser edificios de consumo de energía casi nulo. En el artículo 2 de la misma directiva se define un edificio de CECN como un edificio con nivel de eficiencia energética muy alto. Cuya cantidad de energía requerida debe estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables.

Las bombas de calor aerotérmicas se presentan como una tecnología clave en este contexto, ya que utilizan la energía del aire ambiente para calentar agua y usan esta para producción de ACS y calefacción. Conforme a la directiva UE 2018/2001 [3], parte de la energía aerotérmica capturada por bombas de calor se tiene en cuenta como una fuente de energía renovable, contribuyendo así al cumplimiento de los objetivos de eficiencia energética y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el marco legislativo europeo.

1.1. Antecedentes

Los antecedentes de este trabajo se enmarcan en el campo de la aerotermia y la monitorización de sistemas energéticos. En los últimos años, ha habido un creciente interés en esta tecnología debido a su potencial para reducir el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con sistemas convencionales.

La monitorización y adquisición de datos en sistemas de aerotermia son aspectos cruciales para garantizar un rendimiento óptimo y una gestión eficiente de la energía. El seguimiento continuo de parámetros como la temperatura, la presión y el caudal, proporciona información valiosa sobre el funcionamiento del sistema, permitiendo detectar posibles fallos, realizar ajustes y tomar decisiones informadas para maximizar su eficiencia [4].

En trabajos previos [5, 6], se llevaron a cabo investigaciones relacionadas con la comunicación de sensores analógicos de temperatura y presión con el PLC, así como la implementación del protocolo Modbus RTU para la adquisición de datos de un vatímetro. Estos trabajos sentaron las bases para la mejora del sistema de monitorización y adquisición de datos en el presente trabajo.

En la actualidad, existe una creciente demanda de sistemas energéticos más eficientes y sostenibles. La monitorización y control de sistemas de aerotermia se ha convertido en una necesidad para optimizar el rendimiento, reducir costos operativos y cumplir con los requisitos ambientales y normativos vigentes. Por lo tanto, este trabajo se enfoca en ampliar y mejorar los trabajos previos, incorporando sondas de presión y temperatura adicionales analógicamente al PLC, así como la integración de un caudalímetro y un vatímetro mediante el protocolo Modbus RTU. Además, se busca implementar un sistema de registro y monitorización para obtener una visión completa del funcionamiento del sistema y facilitar el análisis de los datos adquiridos. La figura 1.1 refleja el punto de partida en el desarrollo del proyecto.



Figura 1.1: Aerotermia (izquierda) y equipo de monitorización y adquisición de datos (derecha).

1.2. Motivación

La aerotermia se ha destacado como una tecnología prometedora para la generación de agua caliente sanitaria y calefacción, aprovechando la energía renovable presente en el aire ambiente. Esta tecnología ofrece múltiples ventajas, como una reducción significativa en el consumo de energía y una disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los sistemas convencionales. Sin embargo, para garantizar un rendimiento óptimo y una gestión eficiente de la energía, es fundamental contar con un sistema de monitorización y adquisición de datos adecuado.

La motivación principal de este trabajo se fundamenta en la necesidad de ampliar y mejorar los trabajos previos [5, 6], con el fin de incorporar nuevos elementos para la monitorización y registro en el sistema de aerotermia, permitiendo

progresar en las líneas de investigación. La adición de sondas de presión y temperatura analógicamente al PLC, junto con la integración de un caudalímetro y un vatímetro mediante el protocolo Modbus RTU, otorga una visión más completa y precisa del funcionamiento del sistema.

Además, la implementación de un sistema de registro y monitorización en tiempo real proporciona datos valiosos para el análisis y la toma de decisiones. Esto contribuirá a maximizar la eficiencia energética del sistema, detectar posibles fallos o desviaciones en su funcionamiento y facilitar la optimización continua de los recursos energéticos utilizados.

1.3. Objetivos

El objetivo principal del trabajo es mejorar el sistema de monitorización y adquisición de datos de una aerotermia, mediante la adición de diferentes tipos de sensores. Permitiendo la comprensión a un mayor nivel del funcionamiento de la aerotermia. Este objetivo principal se desglosa en los sucesivos:

1. Incorporar sondas de presión y temperatura al sistema de monitorización. El objetivo principal es integrar exitosamente sondas de presión y temperatura al sistema existente. Se seleccionarán los sensores adecuados y se establecerá la conexión con el PLC, garantizando una adquisición precisa de los datos correspondientes.
2. Conectar un vatímetro mediante Modbus RTU: Se busca establecer una comunicación eficiente entre el PLC y el vatímetro, utilizando el protocolo Modbus RTU. Esto permitirá medir y registrar datos relacionados el consumo de energía.
3. Desarrollar el software de adquisición y registro de datos: El objetivo es desarrollar un software robusto que permita la adquisición y el registro de datos provenientes de los diferentes sensores y dispositivos conectados al PLC. Esto implicará programar funciones para la lectura, almacenamiento y visualización de datos.
4. Añadir un caudalímetro a la salida del condensador y recoger datos relativos al caudal del fluido, así como monitorizarlos utilizando el software FlowVision 2.0.
5. Realizar una validación del software: Se pondrá a prueba el software programado. Esto implicará el supervisado de diferentes funciones, así como la evaluación final de la monitorización y recogida de datos.

El propósito de estos objetivos es poder comprender en mayor profundidad el comportamiento de la máquina en diversas situaciones, así como prever posibles fallos. Al lograr estos objetivos, se espera obtener un sistema de monitorización más completo y confiable, que proporcione información valiosa para la optimización del rendimiento del sistema de aerotermia, la reducción de costos de mantenimiento y la mejora de la eficiencia energética.

1.4. Alcance de trabajo

El alcance de este trabajo se centra en la obtención de conocimientos y habilidades esenciales para la mejora de un sistema de monitorización y adquisición de datos en el contexto de una aerotermia. Los principales objetivos incluyen:

- Adquirir un conocimiento profundo del funcionamiento de un PLC, sus componentes y las diversas opciones de conexión de sondas disponibles.
- Identificar y comprender los componentes esenciales de la aerotermia, así como interpretar manuales técnicos para la correcta conexión de un vátímetro y un caudalímetro.
- Desarrollar un software en TIA Portal para la integración eficiente de sondas de presión y temperatura en el sistema existente.
- Comprender el funcionamiento del sistema de comunicación Modbus RTU y desarrollar el software necesario en el PLC para garantizar una comunicación efectiva entre dispositivos.
- Desarrollar el software de monitorización de datos para que permita la visualización en tiempo real de información proveniente de los sensores y dispositivos conectados al PLC.
- Aumentar la funcionalidad de registro de datos que permita almacenar la información recogida por el sistema, incluyendo la recopilación de datos del caudalímetro.
- Llevar a cabo una validación del sistema de monitorización y adquisición de datos para garantizar su correcto funcionamiento y la precisión en la recopilación de información.

1.5. Descripción del documento

Los apartados 3, 4, 5, 6 y 7 exponen los procedimientos seguidos para la ejecución del proyecto. Estos, abarcan desde la instalación de sensores hasta la programación del registro de datos y la implementación de la monitorización. Constituyen la columna vertebral del proyecto y representan su desafío central.

El apartado 5 tiene como tema central el caudalímetro. Este contiene la estructura del proyecto enfocada enteramente al caudalímetro, los temas que se tratan son la conexión, el registro de datos, la monitorización y validación del software.

En el apartado 8, se aborda la validación del software. A lo largo de este, el objetivo es demostrar que el proyecto ha sido realizado exitosamente. Aunque este apartado en sí no ostenta un nivel de relevancia superior, asume un papel de justificación del trabajo realizado. Es en esta etapa donde converge el proyecto y se presenta la confirmación de que los objetivos planteados se han cumplido con éxito.

Capítulo 2

Descripción del sistema

El sistema está formado por una aerotermia, un equipo de adquisición de datos y el entorno de programación.

Una aerotermia es un tipo de bomba de calor, una máquina que utiliza la energía contenida en el aire para la climatización. En el caso que nos ocupa, la aerotermia se utiliza para calentar el agua. Utiliza un refrigerante sometido a un ciclo de compresión de vapor, cuyas etapas son:

- **Compresión:** Mediante un compresor se comprime el refrigerante a alta presión y temperatura superior a la de demanda.
- **Condensación:** El refrigerante se hace pasar por el condensador, que actúa como intercambiador de calor entre el refrigerante y el depósito de agua. A su paso el refrigerante condensa a presión constante y disminuye su temperatura a costa del calentamiento del agua del depósito.
- **Expansión:** El refrigerante se hace pasar por una válvula de expansión, disminuyendo a la presión que teníamos antes de la compresión. También se disminuye la temperatura del refrigerante por debajo de la del aire ambiente.
- **Evaporación:** El refrigerante entra en estado bifásico al evaporador, que actúa como intercambiador de calor entre el refrigerante y el aire. Al estar a menos temperatura que el aire ambiente, el refrigerante absorbe energía del aire y se evapora. Seguidamente entra al compresor y se repite el ciclo.

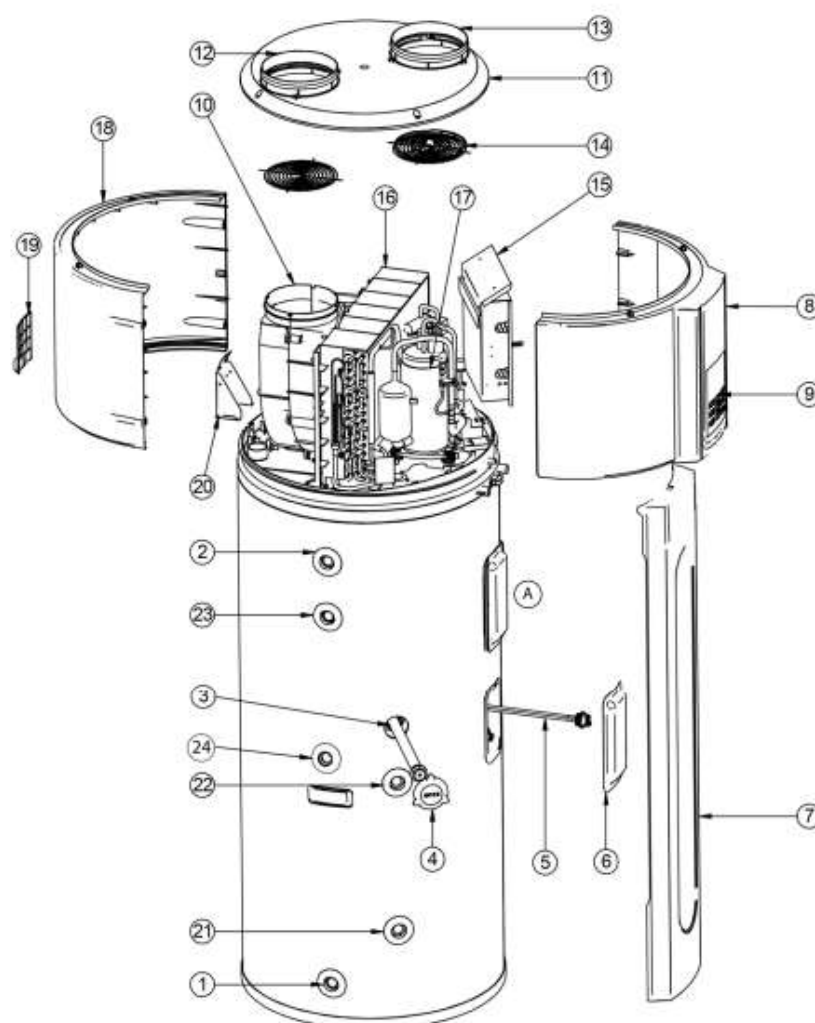
Al comienzo del proyecto la máquina no estaba modificada, contaba con algunos termopares instalados sobre la superficie exterior de los conductos de refrigerante. Ha sido necesario modificar la máquina para añadir transductores de

presión, un caudalímetro y válvulas de estrangulamiento y bypass. Las válvulas servirán para realizar ensayos que simulen condiciones distintas a las nominales. Con estas modificaciones ha surgido la necesidad de añadir termopares para evaluar nuevos puntos del ciclo termodinámico. En la figura 2.1 se observa una enfriadora a la izquierda y la aerotermia antes de ser modificada a la derecha. La enfriadora se utiliza para hacer ensayos de enfriamiento o disminuir la temperatura del depósito de la aerotermia cuando es necesario.



Figura 2.1: Aerotermia y enfriadora antes de las modificaciones

La bomba de calor utilizada en este proyecto es el modelo rsj-23/300s de la marca Midea. En la figura 2.2 se contempla el modelo y sus partes [7].



- | | |
|--|--|
| 1) Entrada del agua 3/4" H | 15) Cuadro eléctrico |
| 2) Salida del agua caliente sanitaria 3/4" H (ACS) | 16) Evaporador |
| 3) Ánodos de sacrificio | 17) Compresor |
| 4) Tapón del ánodo | 18) Cierre trasero |
| 5) Resistencia eléctrica | 19) Cierre de conexiones eléctricas |
| 6) Tapón de resistencia eléctrica | 20) Caja de conexiones eléctricas |
| 7) Máscara frontal | 21) Entrada solar 3/4" H (solo versión solar) |
| 8) Cubierta frontal | 22) Salida solar 3/4" H (solo versión solar) |
| 9) Teclado de control de la unidad | 23) Recirculación del ACS (solo versión solar) |
| 10) Ventilador | 24) Casquillo portasonda |
| 11) Cubierta superior | A - ATCO (interruptor de temperatura automática) |
| 12) Brida de salida del aire | TCO (interruptor de temperatura) |
| 13) Brida de entrada del aire | |
| 14) Filtro del aire | |

Para el pedido de repuestos se ruega indicar:
 Modelo, número de serie y número de producto
 Nombre de la parte a cambiar

Figura 2.2: Aerothermia modelo rdj-23/300s y sus partes.

Dentro del conjunto de opciones para la adquisición de datos, que incluye alternativas como Data Loggers, sistemas de Adquisición de Datos (DAQ), entre otros, se utiliza como el dispositivo principal de adquisición de datos un PLC (Controlador Lógico Programable). En este contexto, el sistema de adquisición de datos está compuesto por diversos componentes que trabajan en sinergia con el PLC.

Los elementos que junto al PLC contribuyen a la funcionalidad integral del sistema de adquisición de datos son:

1. PLC SIMATIC ET 200SP de Siemens: Actúa como el cerebro del sistema, coordinando la adquisición de datos y la toma de decisiones en función de la programación implementada.
2. Pantalla HMI KTP700: Pantalla táctil que permite la interacción con el sistema y la visualización de los datos adquiridos. Esta pantalla proporciona una visión en tiempo real del comportamiento del sistema.
3. Fuente de alimentación STOP PSU100L: Es un transformador que convierte la corriente alterna de entrada a corriente alterna a 24V/10A. Proporciona la alimentación eléctrica del PLC, pantalla HMI, las unidades base y el caudalímetro.
4. Módulo de corte STOP PSE200U: Reparte la corriente eléctrica en varias derivaciones, 2,5A cada una. Esto permite detectar defectos en las derivaciones causados por sobrecarga o cortocircuito y cortarlas de forma selectiva para que sigan funcionando las no afectadas.
5. Módulos y unidades base de entradas analógicas: Estos componentes son responsables de la conexión y conversión de señales analógicas provenientes de los sensores de temperatura y presión en señales digitales que el PLC pueda procesar.
6. Módulo y Unidad Base de Comunicaciones: Son responsables de la conexión de dispositivos que utilicen la comunicación Modbus RTU RS485.

En la figura 2.3 se muestran los elementos del sistema de adquisición de datos etiquetados según la enumeración anterior.

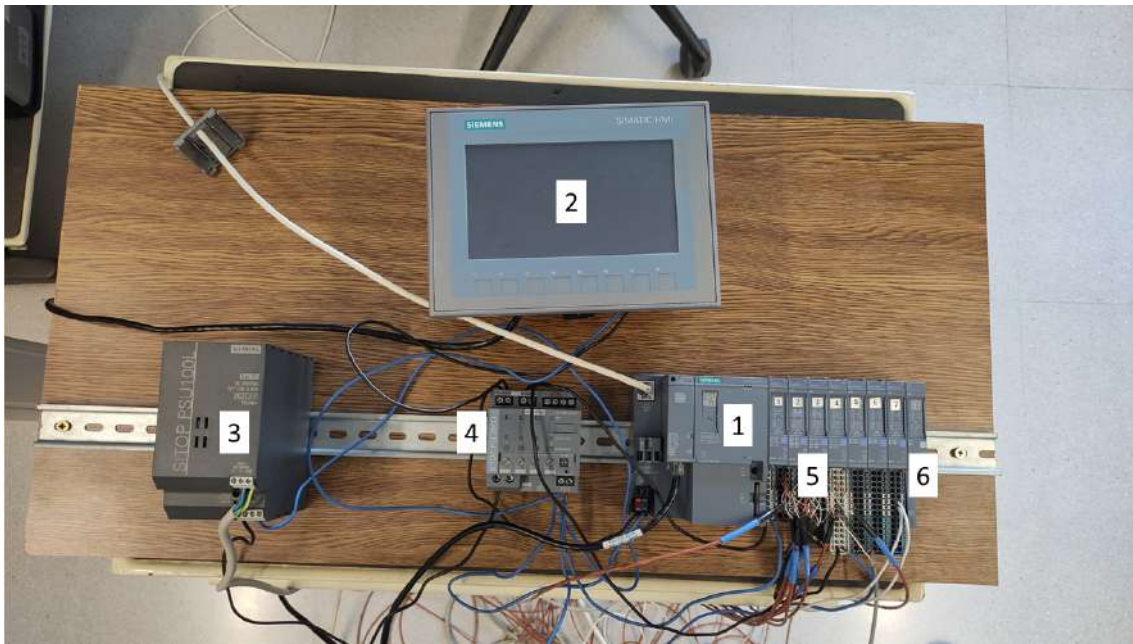


Figura 2.3: Sistema de adquisición de datos.

Finalmente, la programación se hace en un ordenador conectado al PLC por medio de un cable ethernet. El software de programación empleado es TIA Portal v17.

El software TIA Portal v17, desarrollado por Siemens, permite la programación, configuración y diagnóstico de dispositivos y sistemas de automatización. Esta herramienta de desarrollo ofrece un entorno de trabajo unificado que abarca desde la programación del PLC hasta la visualización de procesos y al registro de datos. TIA Portal admite varios lenguajes de programación, Ladder (LAD), Bloques funcionales (FBD), Listado Estructurado (SCL), Graficet (CFC), se han utilizado según su utilidad en los diferentes procesos [8].

Capítulo 3

Sistema de adquisición de datos analógicos

3.1. Instrumentación y sensores de temperatura

El funcionamiento de los termopares consiste en aprovechar el efecto termoeléctrico, también conocido como efecto Seebeck. Un termopar está compuesto por dos cables metálicos diferentes que se unen en un extremo, llamado junta de medición. Cuando la junta de medición se calienta o se enfría, se genera una diferencia de tensión entre los extremos libres del termopar, esta posibilita medir la variación de temperatura.

Existen varios tipos de termopares disponibles, cada uno de ellos fabricado con diferentes combinaciones de metales, lo que determina sus características y rangos de temperatura de operación. En este caso, se utiliza el termopar tipo T. Las principales características de este tipo de termopar son:

- Rango de temperatura: El termopar tipo T es adecuado para medir temperaturas en un rango aproximado de $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+350\text{ }^{\circ}\text{C}$. Es especialmente preciso y estable en temperaturas bajas a moderadas.
- Precisión: El termopar tipo T tiene una precisión de aproximadamente $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ o $\pm 0.75\%$ de la lectura.

Gracias a su rango de temperatura y precisión, el termopar tipo T es utilizado en una amplia gama de aplicaciones, como control de temperatura en sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, procesos industriales, equipos de laboratorio, entre otros [9].

La elección del termopar tipo T para la medición de temperatura en el sistema de aerotermia se basa en sus características adecuadas para el rango de temperatura requerido y su estabilidad en condiciones operativas específicas. Esto facilita recoger mediciones precisas y confiables de la temperatura en el sistema .

Los sensores de temperatura se han colocado con el objetivo de conocer y registrar los estados termodinámicos del refrigerante en los distintos puntos del ciclo termodinámico. El montaje de los sensores de temperatura se realiza de forma no intrusiva, esto es sin modificar la bomba de calor, para garantizar la integridad de la máquina y evitar interferencias en su operación. Además, se recubren con aislante térmico para protegerlos de las condiciones ambientales y asegurar mediciones precisas y confiables, en la figura 3.1 se visualizan varios termopares recubiertos por aislante y asegurados con bridas.



Figura 3.1: Montaje de termopares.

Los termopares se corresponden con los cables marrones, que en su desembocadura, están recubiertos por un aislante y asegurados con bridas.

3.2. Instrumentación y sensores de presión

Para la medida de la presión en la aerotermia se utilizan cuatro transductores de presión, con distintos rangos de presión, según la necesidad de la medición.

Un transductor de presión es un dispositivo utilizado para medir y convertir la presión en una señal eléctrica proporcional.

Las características del sensor de acuerdo con el fabricante son [10]:

- Temperatura de funcionamiento: -40-100°C.
- Salida de corriente: 4-20mA.
- Precisión: $\pm 0.5\%$ del rango del fondo de escala.
- Estabilidad: $\pm 0.5\%$ del rango FS. 1 % del fondo de escala.
- Tiempo de respuesta: 10ms.
- Límite de exceso de presión: 1.5 x valor nominal.
- Alimentación: 10-30Vcc.
- Conexión eléctrica: conector en ángulo DIN 43650 C.
- Protección IP67.
- Presión Relativa .

Se colocan cuatro transductores de presión en la aerotermia, para ello esta vez si es necesario realizar modificaciones en la máquina. Se ubican un sensor antes y otro después del condensador, así como uno antes y otro después del evaporador. Esta disposición permite obtener mediciones de las presiones de alta y baja en el ciclo termodinámico, además de las variaciones producidas en el condensador y en el evaporador. En la figura 3.2 se pueden visualizar 3 de estos transductores.

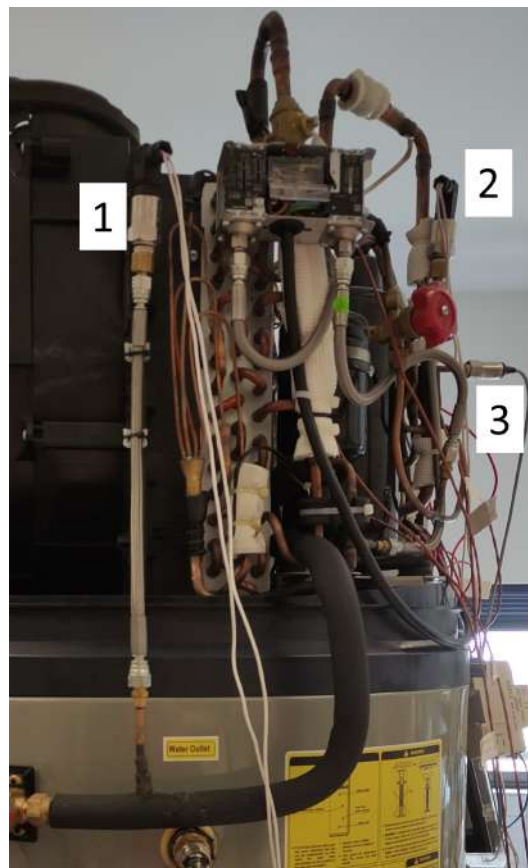


Figura 3.2: Montaje de transductores de presión.

3.3. Comunicación de los sensores de temperatura con el PLC

La forma de medición es analógica, esto es un método de transmisión de información que utiliza señales continuas y variables en el tiempo para representar datos. En este tipo de comunicación, la señal transmitida es una representación directa de la información que se desea comunicar.

En los termopares, el extremo de los cables soldados forma el llamado punto de medición, mientras que los extremos libres forman la unión de referencia.

Los extremos libres se conectan con el PLC, en este caso con el módulo de entradas analógicas 6ES7 134-6JD00-0CA1 montado sobre la unidad base 6ES7193-6BP00-0BA1.

El conexionado se hace según el manual del módulo de entradas analógicas [11], en este caso se pueden conectar hasta cuatro termopares distintos en un mismo módulo.

Dado que los termopares capturan un diferencial de temperatura, es necesario conocer la temperatura en sus extremos libres para determinar la temperatura en el punto de medición. Esta medición se puede hacer de maneras distintas. En el caso de la unidad base utilizada, esta tiene integrado un sensor de temperatura. En caso de que la unidad base no contara con el sensor mencionado, existirían otras opciones, por ejemplo, medir con una resistencia térmica la temperatura en la junta de referencia.

En cuanto a la conexión con el PLC, se realiza la conexión a dos hilos acuerdo a la figura 3.3, esta está referida por el número 1 en el canal 0 (CH0). El cable positivo del termopar se conecta a M0+ (pin 1) y el cable negativo del termopar M0- (pin 3). Así, por cada módulo se pueden conectar 4 termopares (pines del 1 al 8) [11].

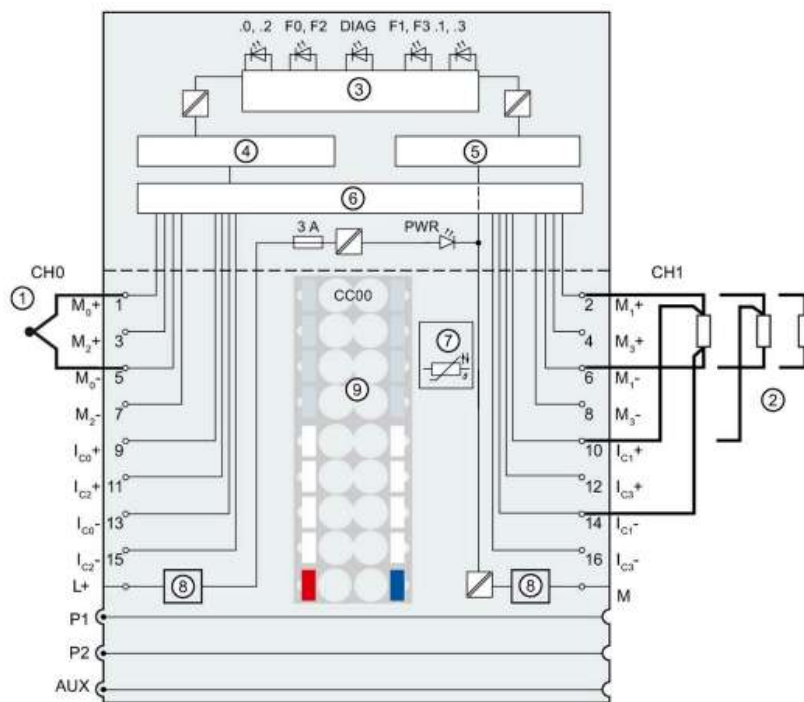


Figura 3.3: Diagrama del módulo de entradas analógicas 6ES7 134-6JD00-0CA1.

3.4. Comunicación de los sensores de presión con el PLC

La comunicación entre el transductor de presión y el PLC es analógica, y mediante el protocolo 4-20mA.

El protocolo 4-20 mA es una forma común de comunicación analógica utilizada en la industria para la transmisión de señales de medición, como temperatura, presión, nivel, entre otras. En el protocolo 4-20 mA, un valor de 4 mA corresponde al valor mínimo o cero de la medición, mientras que 20 mA representa el valor máximo o el valor completo de la medición. El rango entre 4 mA y 20 mA se utiliza para representar los diferentes valores de medición en proporción lineal.

El cableado se determina mediante el diagrama de conexión del sensor de presión (figura 3.4) [12], y el esquema eléctrico del módulo entradas analógicas del PLC. En este caso el módulo es el 6ES7 134-6HD01-0BA1 [13], representado en la figura 3.5.

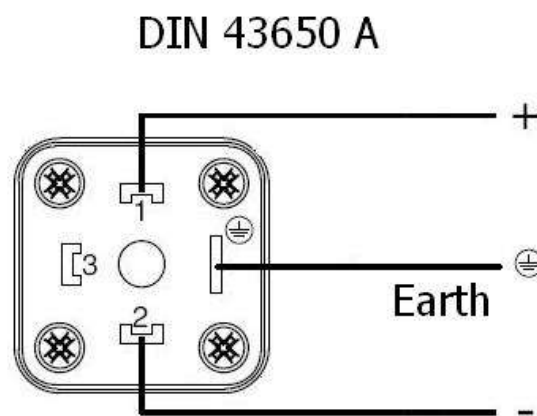


Figura 3.4: Diagrama de la conexión eléctrica utilizada en el transductor de presión.

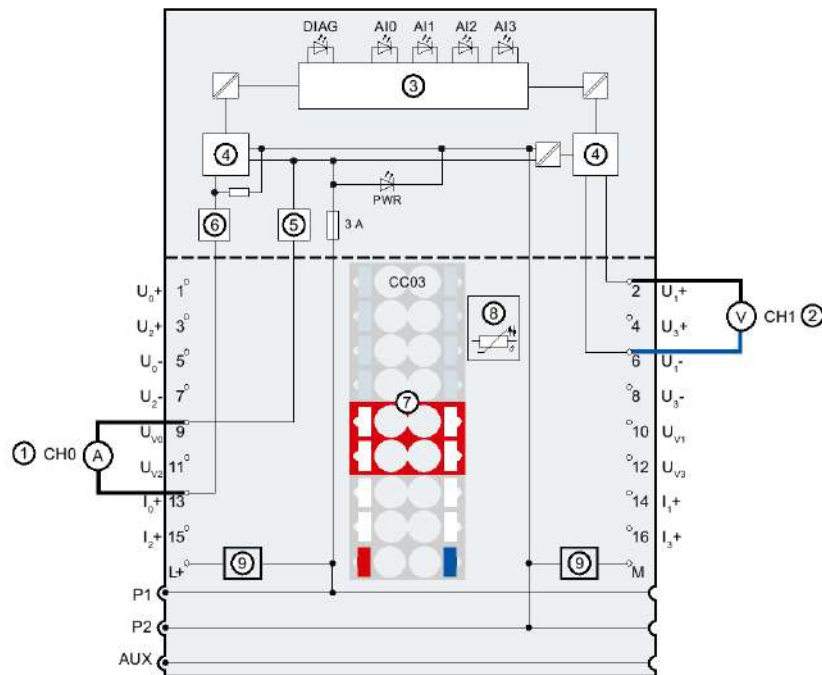


Figura 3.5: Diagrama del módulo de entradas analógicas 6ES7134-6HD01-0BA1.

En el caso de estos sensores de presión la conexión se hace para medición de intensidad, esta conexión está representada en la figura 3.5 con el número 1 y el canal 0. De acuerdo con las figuras, se conecta el terminal positivo del transductor (1) a uno de los pines U_v del módulo del PLC, por ejemplo, al pin 9 (U_{v0}). Y se conecta el terminal negativo del transductor (2) al pin I_+ correspondiente, en este caso al pin 13 (I_{0+}).

3.5. Desarrollo de la medición en el software

En los siguientes apartados se tiene como objetivo, mediante el software TIA Portal v17, recoger las señales que los módulos han procesado y transformarlas a unidades que se puedan interpretar, esto es grados centígrados y bares. El proceso que se sigue ambos apartados es parecido, y consiste en:

- Establecimiento del tipo de medición dentro de los módulos.
- Asociado de las direcciones de memoria que recogen los datos de presión y temperatura con "Tags".
- Conversión de las señales a unidades comprensibles.

3.5.1. Medición de temperatura

En primer lugar, se configuran los módulos usados para las mediciones de temperatura. Los elementos que se configuran son:

- Tipo de medición: Termopar.
- Tipo de termopar: Tipo T.
- Unión de referencia: Unión de referencia interna.

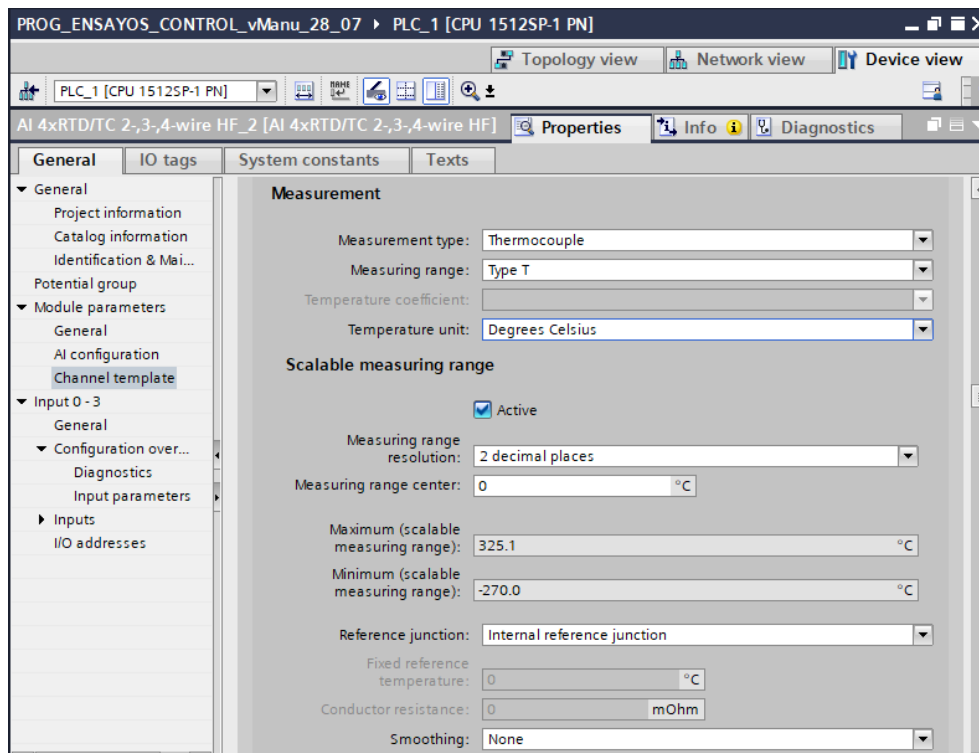


Figura 3.6: Configuración de los módulos de entradas analógicas asociados a los termopares.

El siguiente paso es asociar las cuatro direcciones de memoria asociadas a la entrada de datos de los termopares con una etiqueta (tag), figura 3.7. Así, se hace referencia de una forma intuitiva al lugar donde se recogen estos datos. Además, podemos visualizar todas las etiquetas en una misma tabla “PLC tags”.

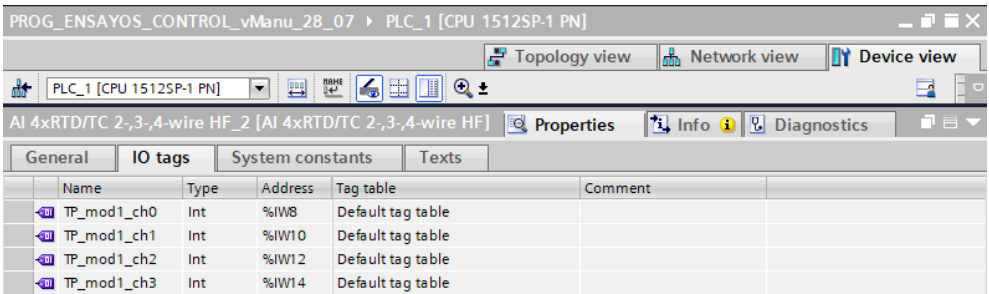


Figura 3.7: Configuración de las entradas de un módulo correspondiente al termopar.

En la figura 3.8 se refleja la tabla PLC tags con las etiquetas asociadas a los termopares, se diferencian por el módulo y el canal al que están conectados.

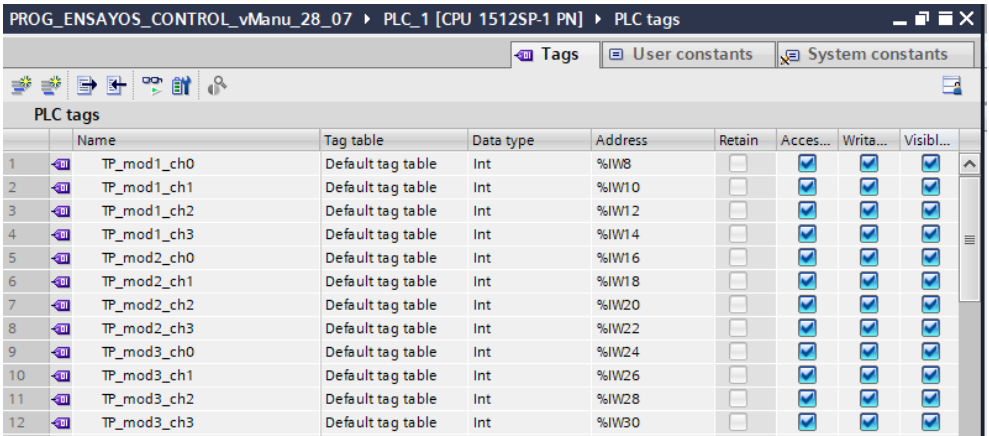
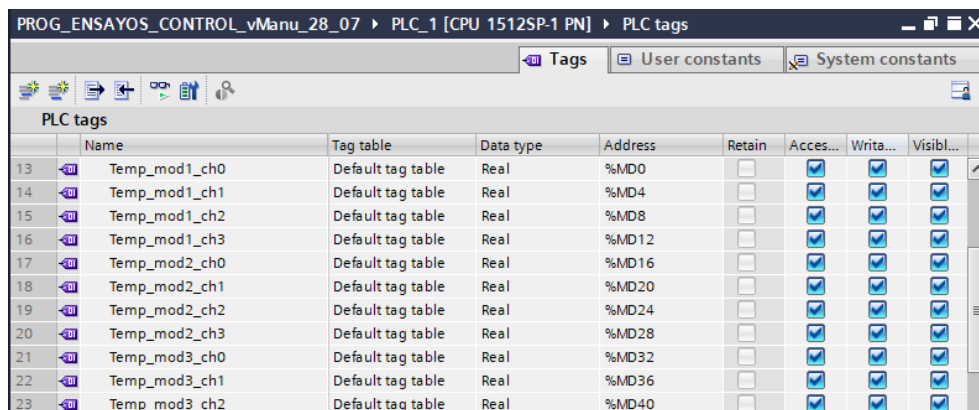


Figura 3.8: Etiquetas asociadas a las entradas de los termopares.

En este momento, se tienen etiquetas vinculadas a las entradas de los termopares, se necesita ahora una función que tome esas etiquetas como entrada y cambie sus valores a un valor de tipo “Real” con unidades en grados centígrados. Estos valores se almacenan también en etiquetas, es imprescindible entonces, que previamente se hayan creado estas etiquetas donde se almacenaran los valores transformados. En la tabla 3.9 aparecen estas nuevas etiquetas, que se distinguen también por módulo y canal.



	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Access...	Write...	Visible...
13	Temp_mod1_ch0	Default tag table	Real	%MD0	☐	☒	☒	☒
14	Temp_mod1_ch1	Default tag table	Real	%MD4	☐	☒	☒	☒
15	Temp_mod1_ch2	Default tag table	Real	%MD8	☐	☒	☒	☒
16	Temp_mod1_ch3	Default tag table	Real	%MD12	☐	☒	☒	☒
17	Temp_mod2_ch0	Default tag table	Real	%MD16	☐	☒	☒	☒
18	Temp_mod2_ch1	Default tag table	Real	%MD20	☐	☒	☒	☒
19	Temp_mod2_ch2	Default tag table	Real	%MD24	☐	☒	☒	☒
20	Temp_mod2_ch3	Default tag table	Real	%MD28	☐	☒	☒	☒
21	Temp_mod3_ch0	Default tag table	Real	%MD32	☐	☒	☒	☒
22	Temp_mod3_ch1	Default tag table	Real	%MD36	☐	☒	☒	☒
23	Temp_mod3_ch2	Default tag table	Real	%MD40	☐	☒	☒	☒

Figura 3.9: Etiquetas asociadas a las temperaturas en grados centígrados.

Ahora sí, se crea la función “Adquisición de temperatura” (figura 3.10) que convierte un valor de tipo “Int” a un valor de tipo Real. Posteriormente, aplica el factor de corrección (división entre 100) para que estos datos se representen en grados centígrados.

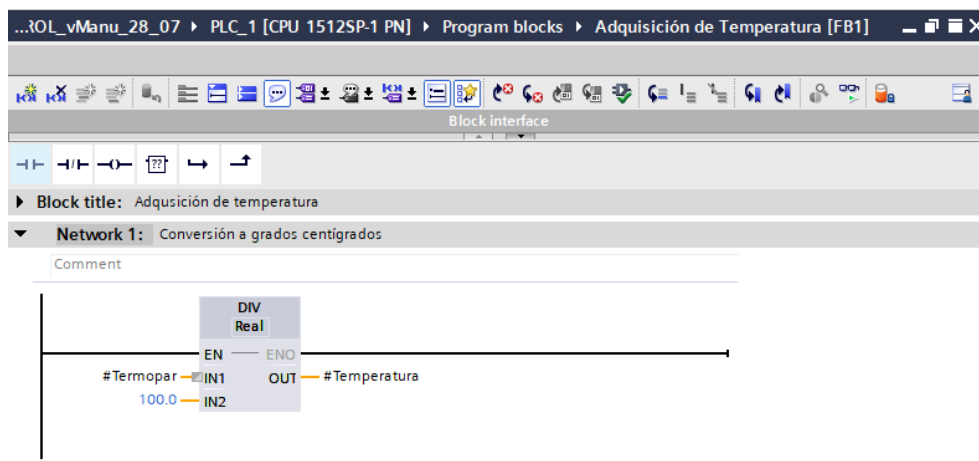


Figura 3.10: Bloque conversión a grados centígrados mediante la función DIV.

Para terminar, la función Adquisición de temperatura es aplicada a todas las lecturas de los termopares.

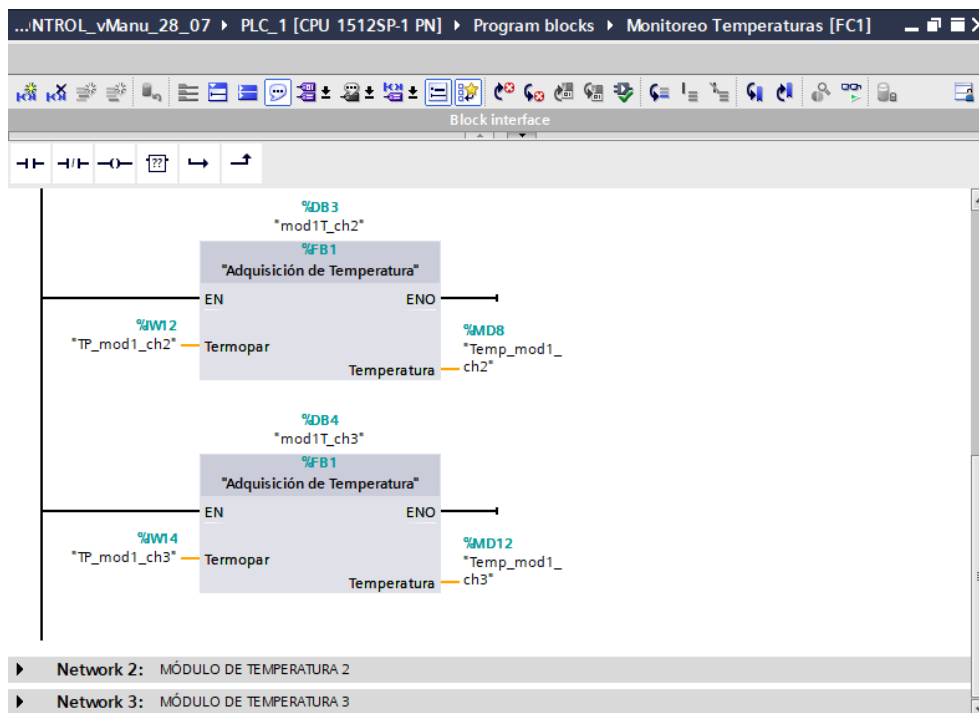


Figura 3.11: Conversión a grados centígrados de los termopares conectados en los tres módulos.

3.5.2. Medición de presión

Para comenzar, se debe configurar el módulo utilizado para medir presiones. En esta situación, se utilizan 4 sensores de presión, estos 4 sensores se pueden ubicar en un único módulo. La configuración se muestra en la figura 3.12. Como tipo de medición se utiliza medición de intensidad a dos hilos y el rango de medición es de 4 a 20 mA.

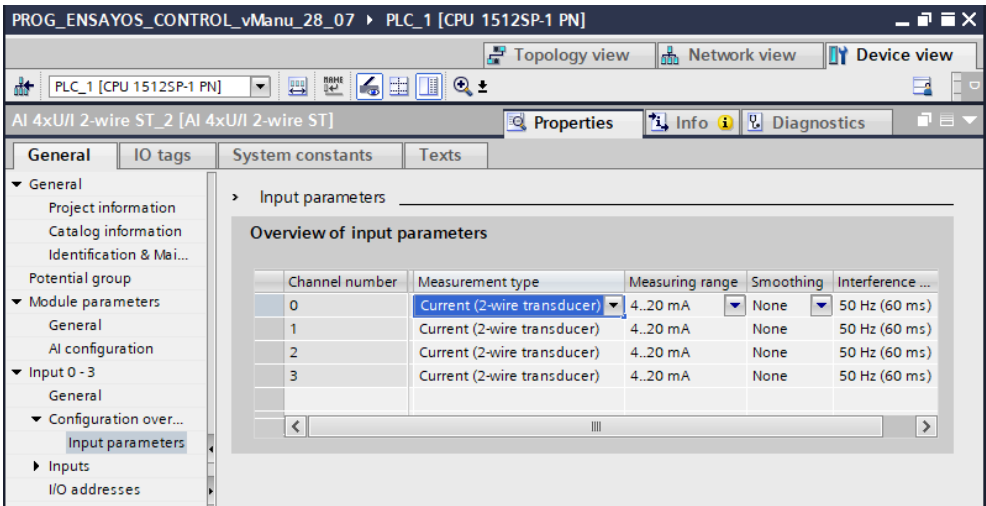


Figura 3.12: Configuración del módulo de entradas analógicas asociado a las sondas de presión.

A continuación, se asocian las direcciones de memoria de la entrada de la señal en el módulo de presiones con etiquetas que faciliten su comprensión. Figura 3.13.

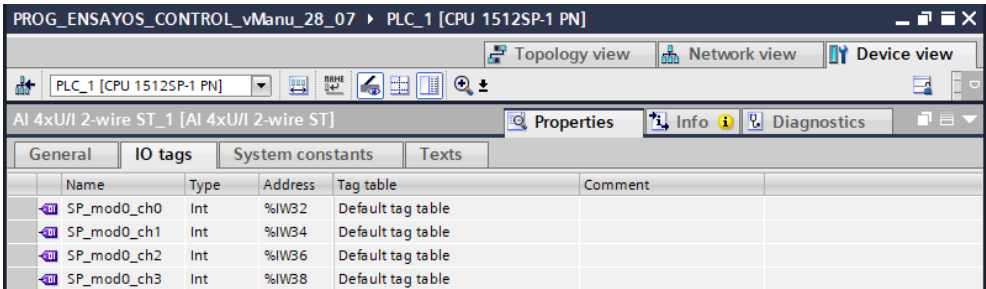


Figura 3.13: Configuración de las entradas de un módulo asociado al sensor de presión.

Se prosigue creando nuevas etiquetas que representarán las medidas transformadas en bares. La visualización de estas etiquetas y las anteriores se experimenta en la figura 3.14. De nuevo, se han clasificado las sondas según el lugar que ocupan en el módulo de entradas analógicas, desde el canal 0 al canal 3.

	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...
24	SP_mod0_ch0	Default tag table	Int	%IW32	☐	☒	☒	☒
25	SP_mod0_ch1	Default tag table	Int	%IW34	☐	☒	☒	☒
26	SP_mod0_ch2	Default tag table	Int	%IW36	☐	☒	☒	☒
27	SP_mod0_ch3	Default tag table	Int	%IW38	☐	☒	☒	☒
28	Pres_mod0_ch0	Default tag table	Real	%MD48	☐	☒	☒	☒
29	Pres_mod0_ch1	Default tag table	Real	%MD52	☐	☒	☒	☒
30	Pres_mod0_ch2	Default tag table	Real	%MD56	☐	☒	☒	☒
31	Pres_mod0_ch3	Default tag table	Real	%MD60	☐	☒	☒	☒

Figura 3.14: Etiquetas asociadas a las presiones.

El siguiente paso son las funciones que convierten las medidas tomadas a unidades interpretables, bares. Funciones, puesto que los sensores de presión tienen rangos de operación distintos es necesario crear una función que traduzca la medición para cada rango concreto. Las funciones en se basan en los mismos principios.

El valor medido por el módulo analógico de presión está entre 0 y 27648. En primer lugar, hay que normalizar el valor a uno entre 0 y 1 mediante la instrucción NORM_X. A continuación, se escala el valor normalizado al rango en el que opera el transductor de presión a través de la instrucción SCALE_X. Finalmente, dependiendo de la forma en la que funcione el transductor la presión podría ser relativa o absoluta, en caso de que fuese relativa se convertiría a absoluta sumando al valor una unidad. En la figura 3.15 se muestra la función “Adquisición de Presión 0a25bar” que representa el proceso anterior aplicado a un transductor de 0-25 bar. Adicionalmente, se crean las funciones “Adquisición de Presión 0a8bar” y “Adquisición de Presión 0a16bar” para transductores de estos rangos.

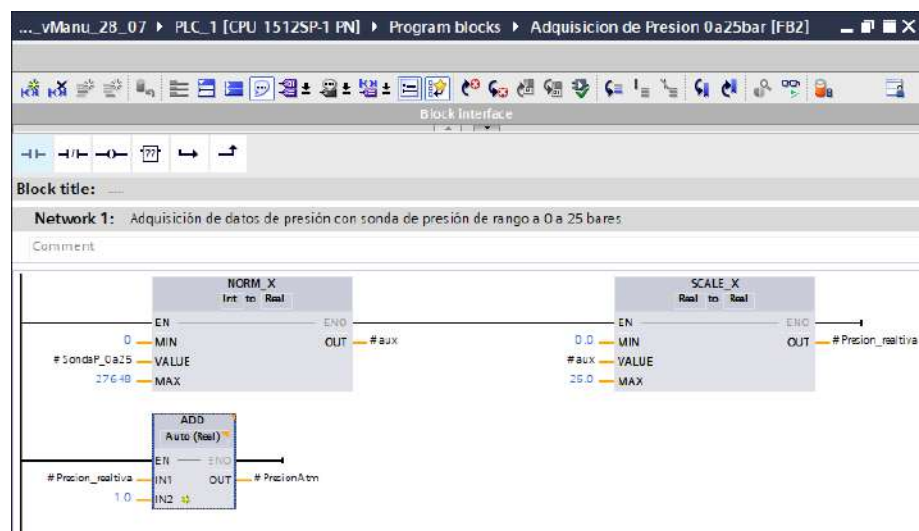


Figura 3.15: Función para el escalado de la lectura de un sensor de presión de 25 bar.

Para finalizar, se aplican las 3 fórmulas a las medidas tomadas por los transductores según la necesidad. Esto se expresa en el bloque “Monitoreo Presiones”. Tal como se expone en la figura 3.16. En dicha figura, también se comprueba como el valor final se asocia a las etiquetas del tipo Pres_mod0_chX.

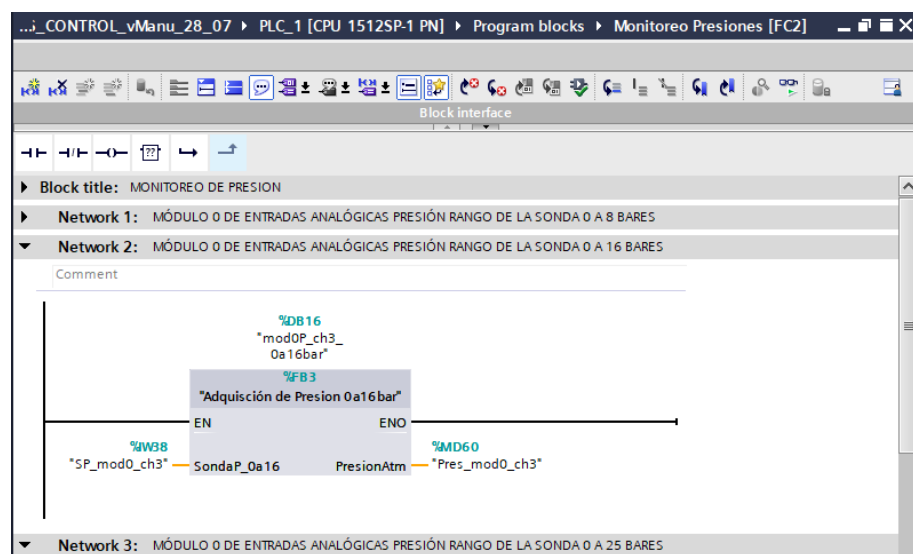


Figura 3.16: Bloque para la conversión de las lecturas hechas por los sensores de presión.

Capítulo 4

Sistema de adquisición de datos mediante Modbus RTU

4.1. Configuración y conexión del vatímetro al PLC

Un vatímetro es un dispositivo de medición utilizado para determinar la potencia eléctrica consumida o generada por un circuito eléctrico o un dispositivo específico. Se utilizan dos vatímetros, uno para medir la potencia consumida por la aerotermia y otro para medir la potencia consumida por el compresor. Además de la potencia activa estos dispositivos miden potencia reactiva, intensidad, factor de potencia, etc.

La figura 4.1 ilustra el diagrama de conexión eléctrica del vatímetro, que permite su alimentación y obtención de datos, así como los bornes necesarios para la comunicación Modbus RTU RS485 [14].

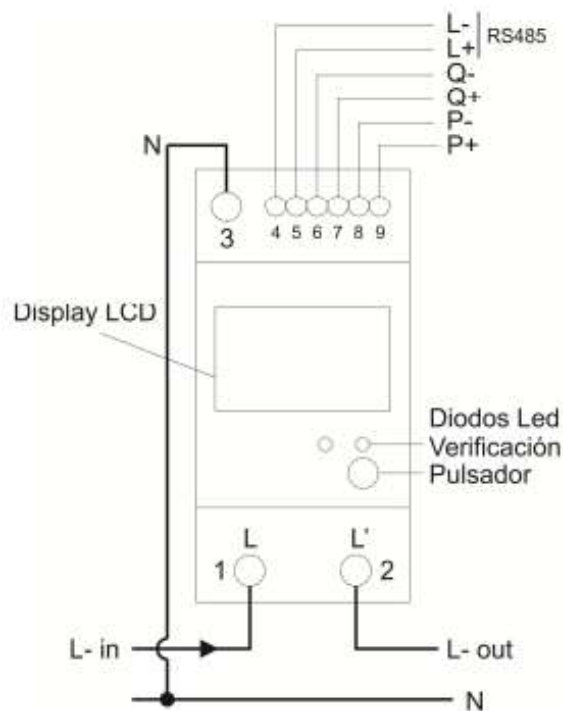


Figura 4.1: Esquema de la conexión eléctrica del vatímetro.

Para un correcto funcionamiento solo es necesario conectar la entrada y salida (bornes 1 y 2) de la fase y el neutro (borne 3). Las conexiones L- y L+ (bornes 4 y 5) se usan para la comunicación Modbus RTU [14]. La comunicación Modbus con el PLC se realiza mediante el módulo de comunicaciones 6ES7137-6AA01-0BA0. En la figura 4.2 aparece representada la unidad base, así como, la asignación de los pines respecto al módulo de comunicaciones. Como queremos realizar una conexión entrada/salida con el modo dos cables, se conectan las bornes 4 y 5 con los pines 12 y 14, respectivamente [15].

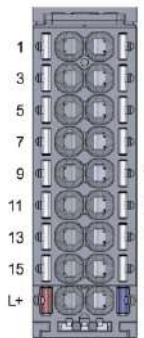
Terminal assignment of the BaseUnit of the communications module	Pin	Designation	Input/output	Meaning
	11	T (A)-	Output	Send data (four-wire mode)
	12	R (A)- T(A)/R(A)	Input Input/output	Receive data (four-wire mode) Receive/send data (two-wire mode)
	13	T (B)+	Output	Send data (four-wire mode)
	14	R (B)+ T(B)/R(B)	Input Input/output	Receive data (four-wire mode) Receive/send data (two-wire mode)
	15	GND Ground	---	Shared ground reference (ground)
	16			
Front view				

Figura 4.2: Asignación de los pines del módulo de comunicaciones CmPTP a la unidad base.

En la figura 4.3 se muestra el analizador de potencia montado, de acuerdo con los pasos descritos, para la medición de datos del compresor.

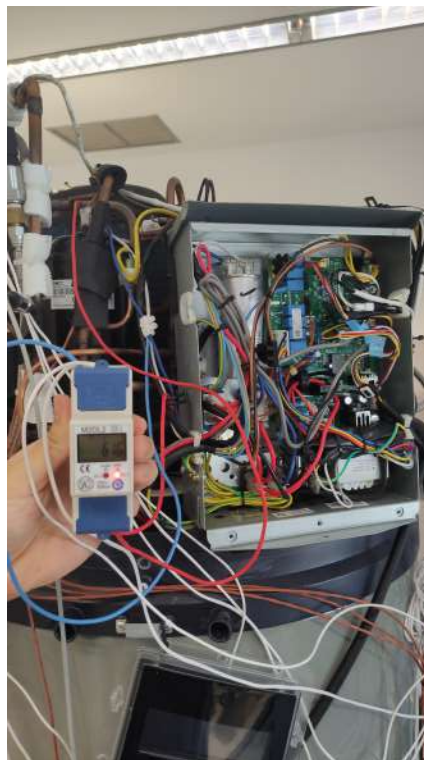


Figura 4.3: Montaje del analizador de potencia del compresor.

4.2. Implementación del protocolo Modbus RTU en el PLC

El Protocolo Modbus es una estructura de mensajería desarrollada por Modicon en 1979. Se utiliza para establecer comunicación maestro-esclavo entre varios dispositivos. Es el protocolo de red más utilizado en el entorno de fabricación industrial. Ha sido implementado por cientos de proveedores en miles de dispositivos diferentes para transferir datos analógicos de entrada/salida y registros entre dispositivos de control. Es un denominador común entre diferentes fabricantes. Los analistas de la industria han reportado más de 7 millones de nodos Modbus solo en América del Norte y Europa [16].

Una red Modbus RTU tiene un maestro y uno o más esclavos. Cada esclavo tiene una dirección de dispositivo. Los mensajes enviados por el maestro incluyen la dirección del esclavo al que va dirigido el envío. El esclavo debe responder sólo si se reconoce su dirección, y debe responder dentro de un cierto período de tiempo [17].

La implementación del protocolo Modbus RTU en el PLC se consigue a través de la configuración de varios bloques de instrucciones de las librerías de TIA Portal.

Se necesitan dos, la instrucción “Modbus Communication Load” y la instrucción “Modbus Master”. Cada una es configurada atendiendo a las especificaciones de comunicación de los elementos integrantes de la red Modbus, en este caso los vatímetros [18].

La instrucción Modbus Communication Load configura un módulo de comunicación para la comunicación mediante el protocolo Modbus RTU. Mediante esta instrucción se especifica como se realiza la comunicación entre el “Maestro” y el “Esclavo”. Se representa como aparece en la figura 4.4.

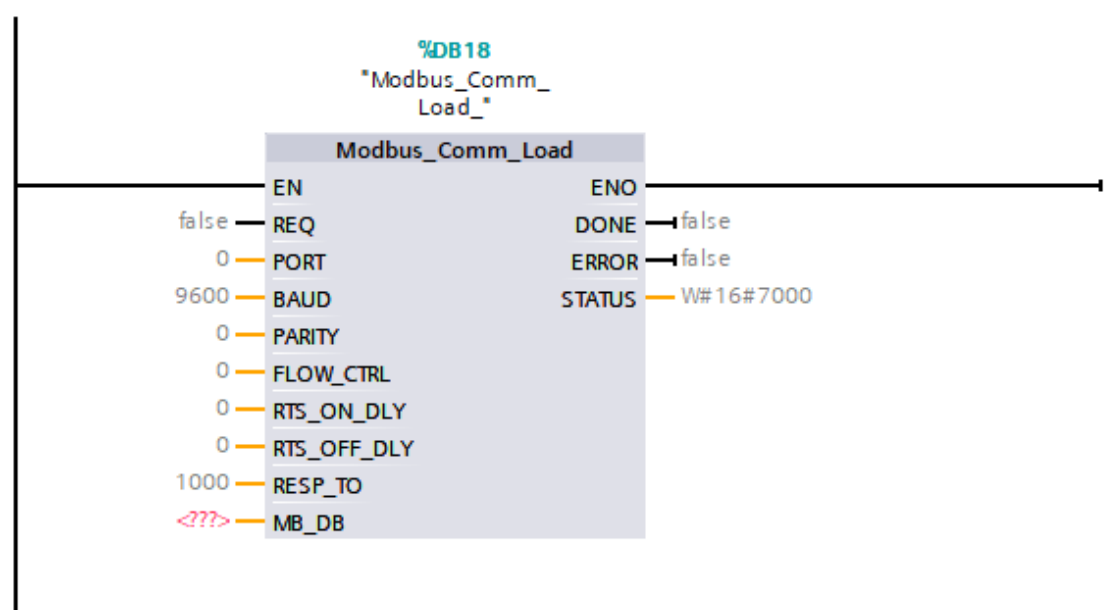


Figura 4.4: Instrucción Modbus Communication.

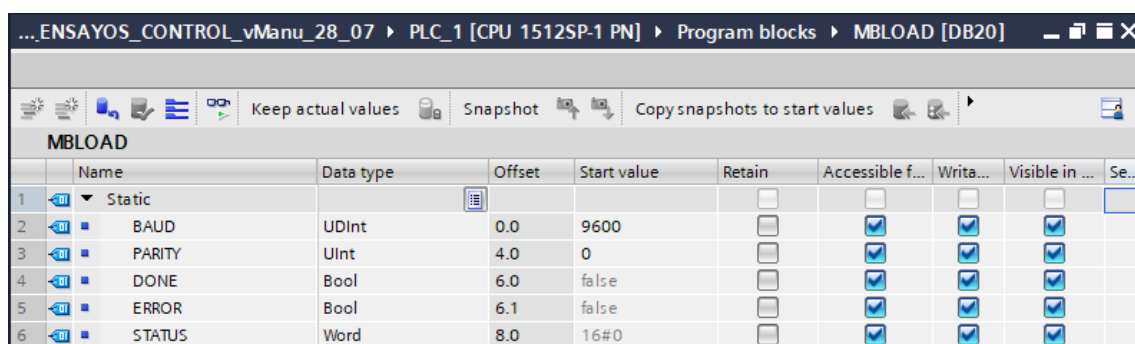
Los parámetros de entrada del bloque están a la izquierda, y los parámetros de salida del bloque están a la derecha. La descripción de estos, así como el valor que se les asigna a los parámetros de entrada se especifican en la tabla 4.1:

Parámetro	Tipo de dato	Descripción	Valor del parámetro
REQ	BOOL	Inicia la instrucción con un flanco ascendente en esta entrada.	
PORT	Port	Especifica el módulo de comunicación a través del cual se produce la comunicación: El nombre simbólico del puerto está asignado en la ficha "Constantes del sistema".	Local~CM_PtP_1
BAUD	UDInt	Selección de la velocidad de transferencia de datos. Todos los dispositivos de la red Modbus deben utilizar la misma velocidad de comunicación de datos	9600 bit/s
PARITY	UInt	Selección de la paridad: 0 - Ninguna 1 - Impar 2 - Par	0
FLOW_CTRL	UInt	Selección del control de flujo. 0 - Sin control de flujo. 1 - Control de flujo, (no es válido para comunicaciones RS422/488)	0
RTS_ON_DLY	UInt	Selección del retardo a la conexión RTS: 0 - no hay retardo de RTS activo" 1 a 65535 - retardo en milisegundos de RTS activo"(no es válido para comunicaciones RS422/RS485).	0
RTS_OFF_DLY	UInt	Selección del retardo a la desconexión RTS: 0 - no hay retardo de "RTS inactivo" 1 a 65535 - retardo en milisegundos de "RTS inactivo" (no es válido para comunicaciones RS422/RS485).	0
RESP_TO	UInt	Timeout de respuesta: 5 ms a 65535 ms - tiempo en milisegundos que Modbus_Master espera una respuesta del esclavo. Si el esclavo no responde durante ese periodo, se repite la petición o se finaliza con un error una vez se se ha enviado la petición el número indicado de repeticiones. (Parámetro RETRIES).	1000
DONE	Bool	El bit DONE es TRUE durante un ciclo después de que la última orden se haya ejecutado correctamente.	
ERROR	Bool	El bit ERROR es TRUE durante un ciclo después de que la última orden haya finalizado con errores. El parámetro STATUS solo es válido en el ciclo en el que ERROR = TRUE.	
STATUS	Word	Código de error. El error asociado se puede consultar en la guía de errores.	

Tabla 4.1: Parámetros de la instrucción "Communication"

Estos parámetros se configuran como variables dentro de un bloque de datos. Los bloques de datos son zonas de memoria donde se almacenan variables para su lectura o escritura en cualquier parte del programa. Es necesario crear dos bloques de datos, “MBLOAD” y “MBCONFIG” en el primero se almacenan variables relacionadas con la instrucción Modbus Communication Load, por ejemplo, “MBLOAD.BAUD”. En el segundo bloque de datos se almacenan variables relacionadas con la instrucción Modbus Master, por ejemplo, “MBCONFIG.AGAIN” o “MBCONFIG.MODE”.

Primero, se configura el bloque de datos Modbus Communication Load de acuerdo con los parámetros establecidos en la tabla 4.1. “Tipo de dato” en la tabla se corresponde con “Data type” y “Valor del parámetro” con “Start value”.



	Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Se...
1	Static								
2	BAUD	UDInt	0.0	9600		☒	☒	☒	
3	PARITY	UInt	4.0	0		☒	☒	☒	
4	DONE	Bool	6.0	false		☒	☒	☒	
5	ERROR	Bool	6.1	false		☒	☒	☒	
6	STATUS	Word	8.0	16#0		☒	☒	☒	

Figura 4.5: Bloque de datos MBLOAD.

Según la tabla 4.1, el parámetro “REQ” inicia la instrucción cuando recibe una señal de tipo TRUE. Solo se necesita que se active la instrucción “Communication” una única vez para fijar los parámetros de comunicación. Para ello, se utilizan dos funciones en su entrada. La función “Contacto Normalmente Cerrado” y la función “SET”. La función “Contacto Normalmente Cerrado” deja pasar la señal cuando el valor de la variable es FALSE e impide el paso de la señal cuando el valor de la variable es TRUE. La función “SET” fija el valor de la variable a TRUE para los sucesivos ciclos. Ambas funciones se asocian a la variable “MBCONFIG.AGAIN” cuyo estado inicial es FALSE. De esta manera la instrucción Communication se ejecuta una vez en el primer ciclo del PLC cuando el estado de “MBCONFIG.AGAIN” es FALSE y deja de ejecutarse al cambiar la función “SET” a TRUE.

Por último, el parámetro “MB_DB” de la instrucción Modbus Communication Load debe estar conectado al parámetro “MB_DB” de la instrucción Modbus Master. Esto es, se asigna la variable “Mosbus_Master_DB.MB_DB” del bloque de instrucción Modbus Master a la entrada “MB_DB”.

En la figura 4.6 se muestra la configuración final de la instrucción.

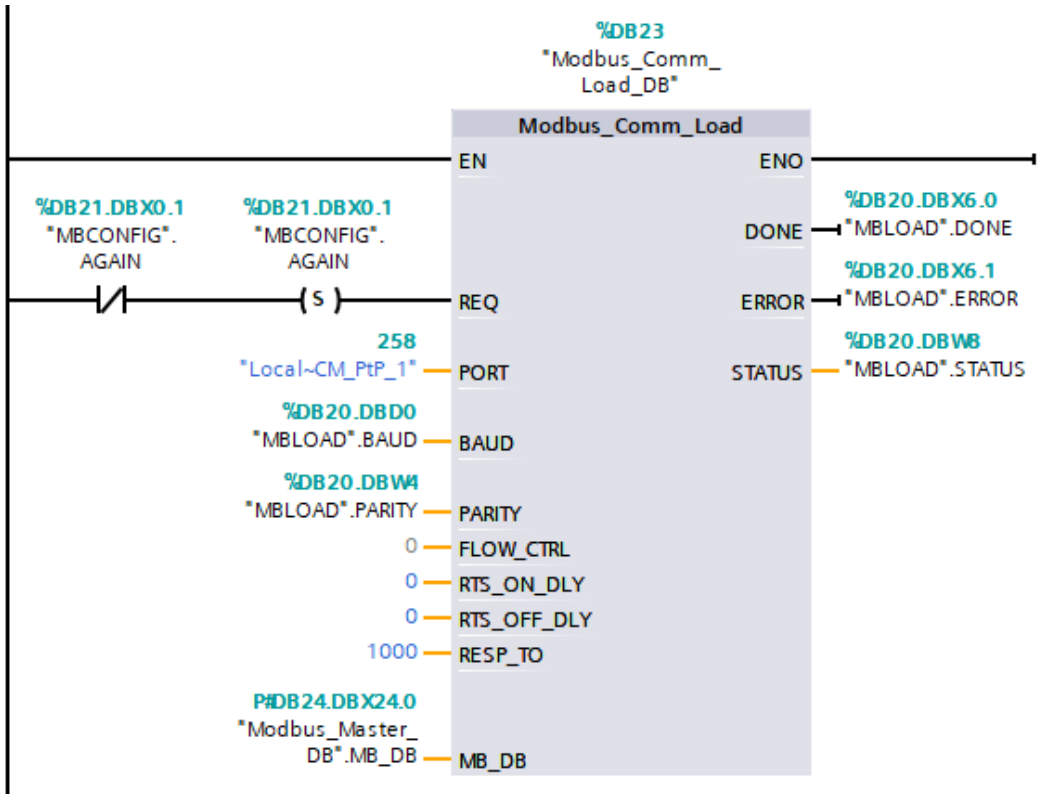


Figura 4.6: Configuración de la instrucción Modbus Communication Load.

A continuación, de igual manera que se ha descrito la instrucción Modbus Communication Load, se describe la instrucción Modbus Master.

La instrucción Modbus Master se comunica como maestro Modbus a través de un puerto configurado por la instrucción Modbus Communication Load. El maestro Modbus envía solicitudes de lectura o escritura a los dispositivos esclavos para acceder a los datos almacenados en sus registros. Luego, espera y recibe las respuestas correspondientes de los esclavos.

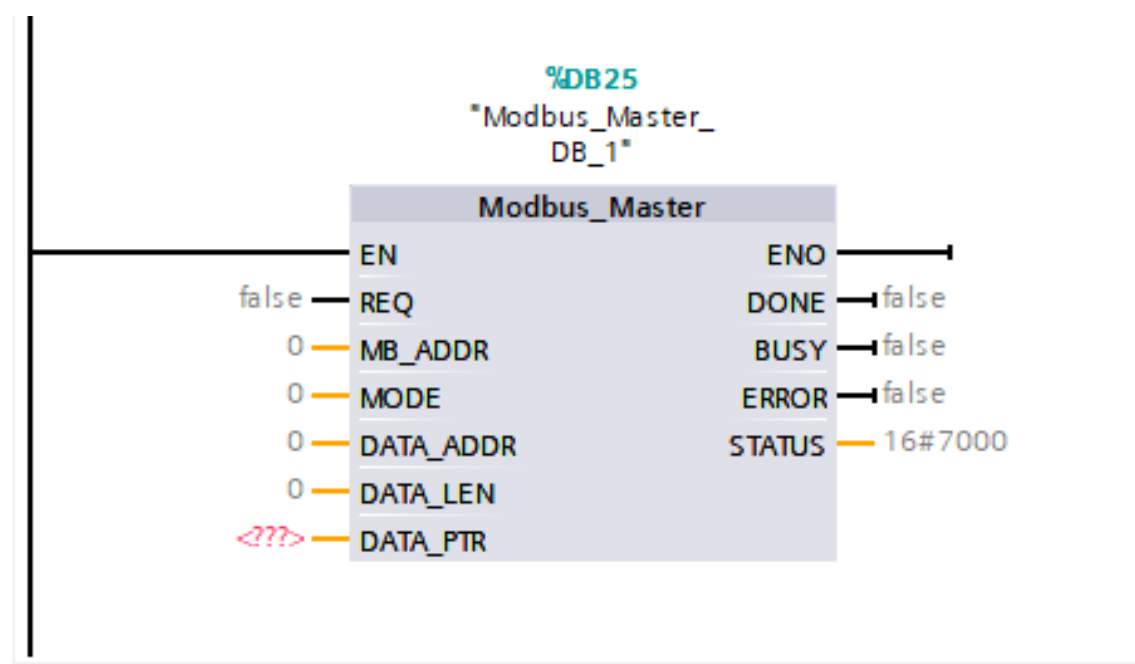


Figura 4.7: Instrucción Modbus Master.

En la figura 4.7 aparecen los parámetros de entrada a la izquierda y los de salida a la derecha. Los parámetros se describen en la tabla 4.2 y sus valores iniciales en la figura 4.8 .

Parámetro	Tipo de dato	Descripción	Valor del parámetro
REQ	BOOL	FALSE: sin solicitud TRUE: solicita mandar datos al esclavo.	Predeterminado
MB_ADDR	UInt	Dirección del esclavo: Se permiten direcciones en el rango entre 1-247.	1 o 2
MODE	USInt	Selección de modo. Especifica el tipo de petición.	0
DATA_ADDR	UDInt	Dirección de comienzo en el esclavo. Especifica la dirección de comienzo de acceso a los datos del esclavo.	30013
DATA_LEN	UInt	Especifica el número de bits o palabras a las que accede esta instrucción.	10
DATA_PTR	Variable	Dirección del bloque de memoria donde se escriben o leen los datos	"DATA_BUFF". REGISTERS
DONE	Bool	El bit DONE es TRUE durante un ciclo después de que la última orden se haya ejecutado correctamente.	Predeterminado
BUSY	Bool	FALSE: Ningún comando activo en la instrucción Modbus Master. TRUE: Comando activo en la instrucción Modbus Master.	Predeterminado
ERROR	Bool	El bit ERROR es TRUE durante un ciclo después de que la última orden haya finalizado con errores. El parámetro STATUS solo es válido en el ciclo en el que ERROR = TRUE.	Predeterminado
STATUS	Word	Código de error. El error asociado se puede consultar en la guía de errores.	Predeterminado

Tabla 4.2: Parámetros de la instrucción "Modbus Master"

	Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Se...
1	Static								
2	REQ	Bool	0.0	false		☒	☒	☒	
3	AGAIN	Bool	0.1	false		☒	☒	☒	
4	MB_ADDR	UInt	2.0	2		☒	☒	☒	
5	MODE	USInt	4.0	0		☒	☒	☒	
6	DATA_ADDR	UDInt	6.0	30013		☒	☒	☒	
7	DATA_LEN	UInt	10.0	10		☒	☒	☒	
8	DONE	Bool	12.0	false		☒	☒	☒	
9	BUSY	Bool	12.1	false		☒	☒	☒	
10	ERROR	Bool	12.2	false		☒	☒	☒	
11	STATUS	Word	14.0	16#0		☒	☒	☒	
12	Meem_Status_Err	Word	16.0	16#0		☒	☒	☒	

Figura 4.8: Bloque de datos MBCONFIG

Un paso previo, necesario para el funcionamiento simultáneo de los vatímetros es la modificación de la identidad en la red Modbus, esto se especifica en el anexo A.1.

De manera similar a como ocurre con la instrucción “Modbus Communication Load”, la ejecución de la instrucción Modbus Master está condicionada por el estado TRUE del parámetro “REQ”. Durante este período, el parámetro “BUSY” se establece en TRUE, lo que indica que el Maestro ha emitido un mensaje al esclavo o a los esclavos y está aguardando una respuesta.

Dado que la red no admite el envío simultáneo de múltiples mensajes, durante la operación de lectura o escritura, es necesario que el parámetro “REQ” vuelva a su estado FALSE. Para lograr esto, se impide que la instrucción se active mientras el parámetro “BUSY” permanezca en TRUE. Finalmente, cuando se recibe la respuesta del esclavo, el parámetro “BUSY” vuelve a su estado FALSE y el parámetro DONE cambia su estado a TRUE.

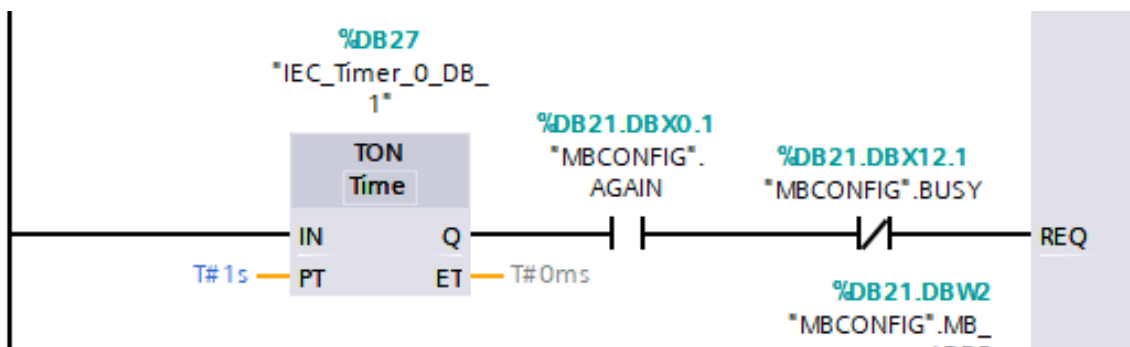


Figura 4.9: Funciones lógicas que determinan el funcionamiento del parámetro REQ.

En el párrafo anterior, se ha descrito la lógica que determina el estado del parámetro REQ, esta lógica se programa como aparece en la figura 4.9. En primer lugar, se ha introducido la función TON (Timer on-delay), esta función impone un segundo de espera antes de activar su salida.

Posteriormente, se utiliza la función “Contacto normalmente abierto” en relación con la variable “MBCONFIG”.AGAIN. Una vez se ha ejecutado la instrucción “Modbus Communication Load”, esta variable permanecerá en estado positivo. Por lo tanto, después de configurar los parámetros de comunicación en ese bloque, se procede a la activación del bloque maestro Modbus.

Para concluir, la variable “MBCONFIG”.BUSY activa su salida únicamente cuando su estado es FALSO, con el propósito de evitar la superposición de mensajes.

En cuanto al parámetro de entrada MB_ADDR, es necesario que tome dos valores. Este se refiere a la identidad de los esclavos dentro de la red Modbus. Dado que la red la conforman dos vatímetros, es necesario que, alternativamente, el parámetro tome los valores 2 y 3 (identidades asignadas a los vatímetros).

En la figura 4.10 se representan el conjunto de funciones encargadas de este cambio alternativo.

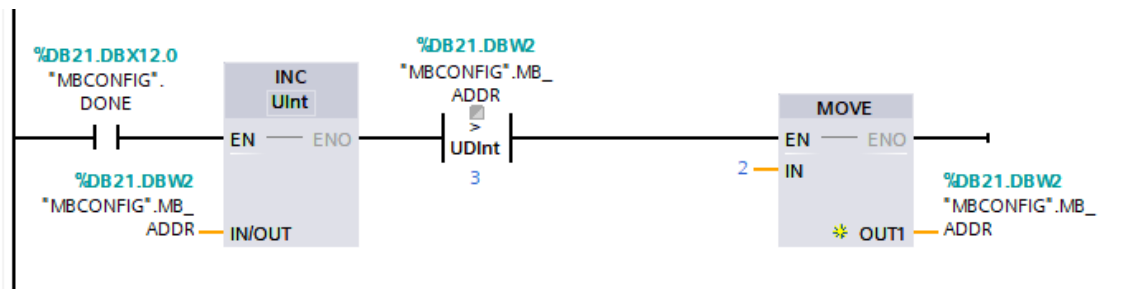


Figura 4.10: Cambio alternativo del parámetro MB_ADDR.

El proceso se ejecuta en cada ciclo, una vez ha terminado la instrucción “Modbus Master” (“MBCONFIG”.DONE = TRUE).

La función “INC” (increment) se encarga de incrementar en una unidad a la variable asociada a las direcciones de los esclavos (“MBCONFIG”.MB_ADDR).

Posteriormente, una función de comparación comprueba si el valor de la variable “MBCONFIG”.MB_ADDR es superior a 3, en ese caso la función “MOVE” cambia el valor de la variable a 2. Un ejemplo de funcionamiento sería el siguiente:

La variable “MBCONFIG”.MB_ADDR posee de valor inicial 2. La función INC incrementa su valor a 3, y puesto que 3 no es mayor que 3, no se ejecuta la función “MOVE”.

En el siguiente ciclo, la función INC incrementa el valor de la variable “MBCONFIG”.MB_ADDR a 4, esta vez sí se cumple que 4 es mayor que 3. Como resultado, la función “MOVE” retorna el valor de “MBCONFIG”.MB_ADDR a 2, repitiéndose así el proceso.

La selección de los parámetros “MODE” y “DATA_ADDR” se hace de acuerdo con el mapa de memoria del dispositivo Modbus (figura 4.11 [14] y a las funciones Modbus (figura 4.12).

**Mapa de memoria.****Comandos Modbus para Lectura/Escritura**

El equipo M2DL2 acepta los siguientes comandos Modbus:

LECTURA: Acepta los comandos 03 y 04 (Input Register and Holding Register).

ESCRITURA: Acepta el comando 16 (Escritura de múltiples registros).

La velocidad por defecto es 9600 baudios. Este valor es configurable entre 1200, 2400, 4800 y 9600 baudios, como se puede ver más abajo en el mapa de registros.

En cuanto al resto de parámetros del puerto serie RS485, son fijos sin opción a cambiarlos. Estos parámetros son, 8 bits de datos, sin paridad y 1 bit de stop.

<u>Dirección</u>	<u>Tamaño</u>	<u>Descripción</u>
0000	4 bytes	Contador global de activa
0008	4 bytes	Contador global de activa exportada
0010	4 bytes	Contador global de activa importada
0012	2 bytes	Tensión
0013	2 bytes	Corriente
0014	2 bytes	Potencia activa
0015	2 bytes	Potencia reactiva
0016	2 bytes	Factor de potencia
0017	2 bytes	Frecuencia

Figura 4.11: Mapa de memoria vatímetro M2DL2.

La información relevante que extraemos del mapa de memoria es la siguiente:

- Los comandos de función Modbus de lectura pueden ser 03 o 04.
- Las direcciones que contienen la información que se desea leer son las comprendidas entre 0012 y 0017.

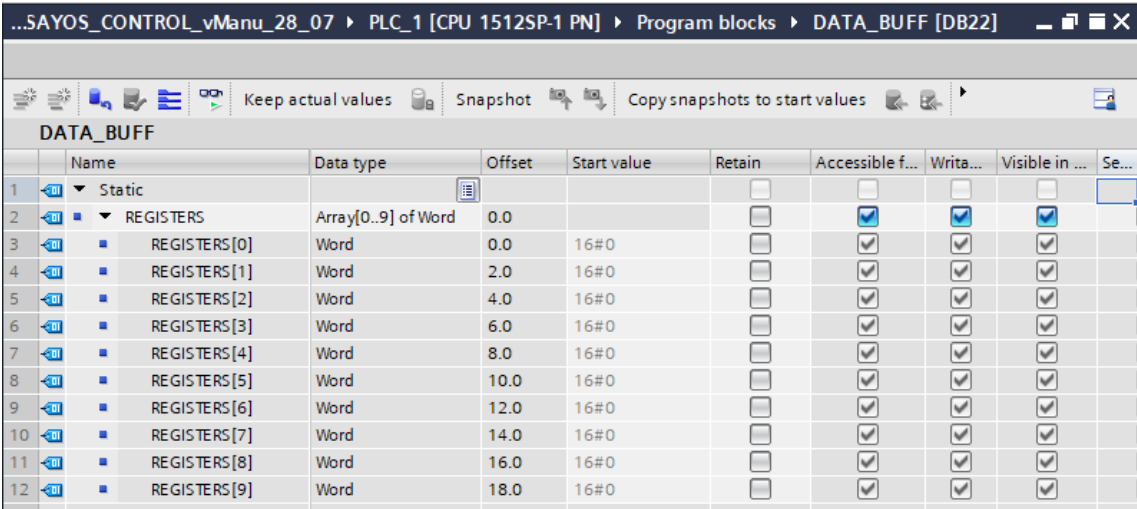
MODE	DATA_ADDR (Modbus address)			DATA_LEN (data length)			Modbus function code	Operation and data
0				Bits per request			01	Read output bits:
	1	to	9999	1	to	2000/1992 ¹		0 to 9998
0				Bits per request			02	Read input bits:
	1 0001	to	19999	1	to	2000/1992 ¹		0 to 9998
0				Words per request			03	Read hold register:
	40001	to	49999	1	to	125/124 ¹		0 to 9998
	400001	to	465535	1	to	125/124 ¹		0 to 65534
0				Words per request			04	Read input words:
	30001	to	39999	1	to	125/124 ¹		0 to 9998
1				Bits per request			05	Write one output bit:
	1	to	9999	1				0 to 9998

Figura 4.12: Funciones Modbus.

En la figura 4.12 se elige 04 como comando de función Modbus (columna Modbus Function Code). El parámetro “MODE” es entonces 0, y la direcciones de memoria están comprendidas entre 30001 y 39999.

La dirección 30001 se correspondería con la dirección de memoria 0000 en el vatímetro. Puesto que la primera dirección de memoria que se desea leer en el vatímetro es 0012, se calcula el parámetro “DATA_ADDR” como $30001 + 0012 = 30013$.

Finalmente, se crea el bloque de memoria “DATA_BUFF” y la variable REGISTERS. Esta variable es un array (vector) de 10 elementos donde se almacena el valor leído de las direcciones de memoria. Se almacenan 10 valores de tipo de dato “Word”.



The screenshot shows the 'DATA_BUFF' data block configuration in the HW Config window. The window title is '...SAYOS_CONTROL_vManu_28_07 > PLC_1 [CPU 1512SP-1 PN] > Program blocks > DATA_BUFF [DB22]'. The toolbar includes icons for 'Keep actual values', 'Snapshot', and 'Copy snapshots to start values'. The table below lists the configuration for the 'DATA_BUFF' block.

	Name	Data type	Offset	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Se...
1	Static				☐	☐	☐	☐	
2	REGISTERS	Array[0..9] of Word	0.0		☐	☒	☒	☒	
3	REGISTERS[0]	Word	0.0	16#0	☐	☒	☒	☒	
4	REGISTERS[1]	Word	2.0	16#0	☐	☒	☒	☒	
5	REGISTERS[2]	Word	4.0	16#0	☐	☒	☒	☒	
6	REGISTERS[3]	Word	6.0	16#0	☐	☒	☒	☒	
7	REGISTERS[4]	Word	8.0	16#0	☐	☒	☒	☒	
8	REGISTERS[5]	Word	10.0	16#0	☐	☒	☒	☒	
9	REGISTERS[6]	Word	12.0	16#0	☐	☒	☒	☒	
10	REGISTERS[7]	Word	14.0	16#0	☐	☒	☒	☒	
11	REGISTERS[8]	Word	16.0	16#0	☐	☒	☒	☒	
12	REGISTERS[9]	Word	18.0	16#0	☐	☒	☒	☒	

Figura 4.13: Bloque de datos DATA_BUFF.

4.3. Tratamiento de los datos

Llegados este punto, por cada par de ciclos de funcionamiento del PLC se consigue la comunicación con ambos vatímetros. En esta comunicación, se lee la información contenida en las direcciones de memoria, y se almacena en un único bloque de datos.

No obstante, esta información se almacena como tipo de dato Word, esto es, como números hexadecimales. Además, se está almacenando la información leída de ambos vatímetros en una misma dirección de memoria. Por consiguiente, es necesario crear una función de conversión de datos y una función que divida la información de cada vatímetro en bloques de datos separados.

En un primer paso, se crea el bloque de datos MB_Collection, figura 4.14. Dentro de este, se incorporan tres variables de tipo array: SLAVE1, SLAVE2 y SLAVE3. Cada una de estas variables representa un array compuesto por 10 elementos de tipo Word.

	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint
1	Static			☐	☐	☐	☐	☐
2	SLAVE1	Array[0..9] of Word		☐	☒	☒	☒	☐
3	SLAVE2	Array[0..9] of Word		☐	☒	☒	☒	☐
4	SLAVE2[0]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
5	SLAVE2[1]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
6	SLAVE2[2]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
7	SLAVE2[3]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
8	SLAVE2[4]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
9	SLAVE2[5]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
10	SLAVE2[6]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
11	SLAVE2[7]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
12	SLAVE2[8]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
13	SLAVE2[9]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
14	SLAVE3	Array[0..9] of Word		☐	☒	☒	☒	☐
15	SLAVE3[0]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
16	SLAVE3[1]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
17	SLAVE3[2]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
18	SLAVE3[3]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
19	SLAVE3[4]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
20	SLAVE3[5]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
21	SLAVE3[6]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
22	SLAVE3[7]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
23	SLAVE3[8]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐
24	SLAVE3[9]	Word	16#0	☐	☒	☒	☒	☐

Figura 4.14: Bloque de datos MB_Collection.

En segundo lugar, se establece la función de segmentación de lecturas, denominada *Move_Data*, figura 4.15. Esta función acepta como entrada el parámetro "MBCONFIG".MB_ADDR y lo asigna a la variable interna "SlaveID". A partir del valor de #SlaveID, se trasladan los datos de la variable REGISTERS desde el bloque DATA_BUFF hasta las variables SLAVE1, SLAVE2 o SLAVE3 en el bloque MB_Collection.

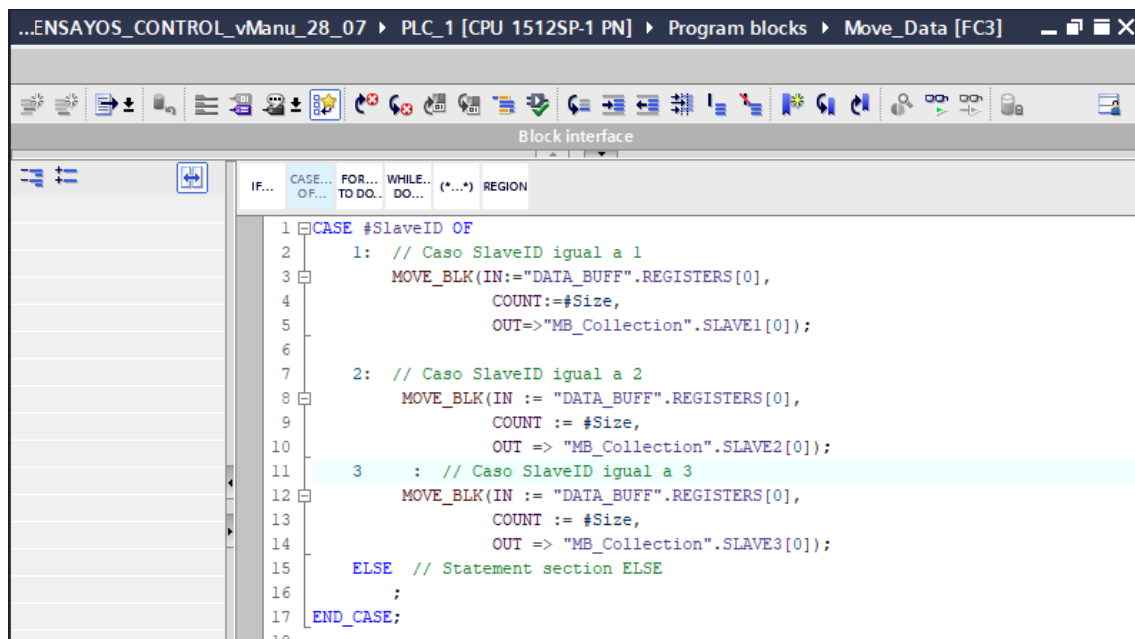


Figura 4.15: Función Move_Data.

En cuanto a la función de conversión de datos, se inicia transformando los datos de tipo Word en INT mediante el uso de la función "DWORD_TO_INT()". A continuación, se aplica un factor corrector dependiendo del registro; por ejemplo, para el cálculo del voltaje, el valor del registro en formato INT se divide por 10.

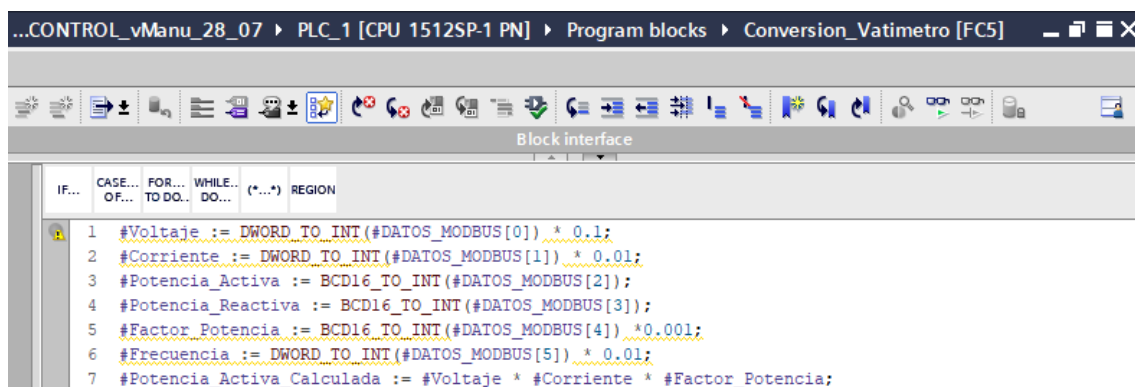


Figura 4.16: Función de conversión de datos del vatímetro.

En la etapa final, los datos transformados se almacenan en el bloque de datos Datos_Vatimetros, representado en la figura 4.17. En este bloque se retienen tanto los datos del vatímetro de la red como del vatímetro del compresor.

...S_CONTROL_vManu_28_07 ▸ PLC_1 [CPU 1512SP-1 PN] ▸ Program blocks ▸ Datos_Vatimetros [DB26]

Keep actual values Snapshot Copy snapshots to start values

Datos_Vatimetros

	Name	Data type	Start value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	...
1	Static			☐	☐	☐	☐	☐	
2	Voltaje	Real	0.0	☐	☒	☒	☒	☐	
3	Corriente	Real	0.0	☐	☒	☒	☒	☐	
4	Pot_Act	Real	0.0	☐	☒	☒	☒	☐	
5	Pot_React	Real	0.0	☐	☒	☒	☒	☐	
6	Fact_Pot	Real	0.0	☐	☒	☒	☒	☐	
7	Frecuencia	Real	0.0	☐	☒	☒	☒	☐	
8	Pot_Act_Calc	Real	0.0	☐	☒	☒	☒	☐	
9	Voltaje_Compresor	Real	0.0	☐	☒	☒	☒	☐	
10	Corriente_Compresor	Real	0.0	☐	☒	☒	☒	☐	
11	Pot_Act_Compresor	Real	0.0	☐	☒	☒	☒	☐	
12	Pot_React_Compresor	Real	0.0	☐	☒	☒	☒	☐	
13	Fact_Pot_Compresor	Real	0.0	☐	☒	☒	☒	☐	
14	Frecuencia_Compresor	Real	0.0	☐	☒	☒	☒	☐	
15	Pot_Act_Calc_Compre...	Real	0.0	☐	☒	☒	☒	☐	

Figura 4.17: Bloque de datos "Datos_Vatimetros".

Capítulo 5

Gestión de datos del caudalímetro

El caudalímetro utilizado es el CODA Coriolis Mass Flow Meter de Alicat. Este caudalímetro se puede utilizar junto al software FlowVision 2.0 de Alicat. El software FlowVision 2.0 permitirá el registro de datos y la monitorización en tiempo real tras su configuración.

También sería posible integrar el caudalímetro en el PLC mediante comunicación modbus RTU RS-485. Aunque en este proyecto se ha decidido utilizar el software FlowVision por conveniencia, también se ha preparado el caudalímetro y el entorno de programación para que el tratamiento de mediciones puedan ser integrado en el PLC.

5.1. Conexión

Para el uso del caudalímetro a través del software creado por el fabricante, únicamente habrá que instalar el software FlowVision 2.0 en un ordenador y conectarlo al caudalímetro con un cable USB-C. En este momento ya estaremos dispuestos para la monitorización y el registro de datos, como se explica en las secciones sucesivas.

La comunicación Modbus con el PLC será más elaborada. El caudalímetro cuenta con un cable tipo DB-15, al mismo tiempo, el cable esta compuesto por otros 15 cables más finos. En la tabla 5.1 se recogen los cables, referidos como “pines” relevantes para la conexión, así como el color que identifica a cada uno de ellos.

Pin	DB-15	Color
9	Power in	Gris
10	Tierra	Blanco
14	RS-485 (+)	Marrón y blanco
15	RS-485 (-)	Rojo y blanco

Tabla 5.1: Cables utilizados en la comunicación del caudalímetro.

De acuerdo a la tabla 5.1, se conecta el pin 9 con una de las derivaciones del módulo de corte. Cada una de las derivaciones del módulo de corte funciona a 24V y tiene capacidad de proporcionar hasta 2,5A. Según datos del fabricante [19], el caudalímetro consume 0,5A. De esta manera, se elige la derivación del módulo de corte tal que el consumo total sea inferior a 2,5A. Para cerrar el circuito, el pin 10 se conecta a 0V en el módulo de corte. Así, el caudalímetro estaría alimentado eléctricamente.

La comunicación Modbus se hace conectando los pines 14 y 15 a los mismos bornes del módulo de comunicaciones CM-Ptp a los que se habían conectado los vatímetros. La figura 5.1 ilustra la conexión.

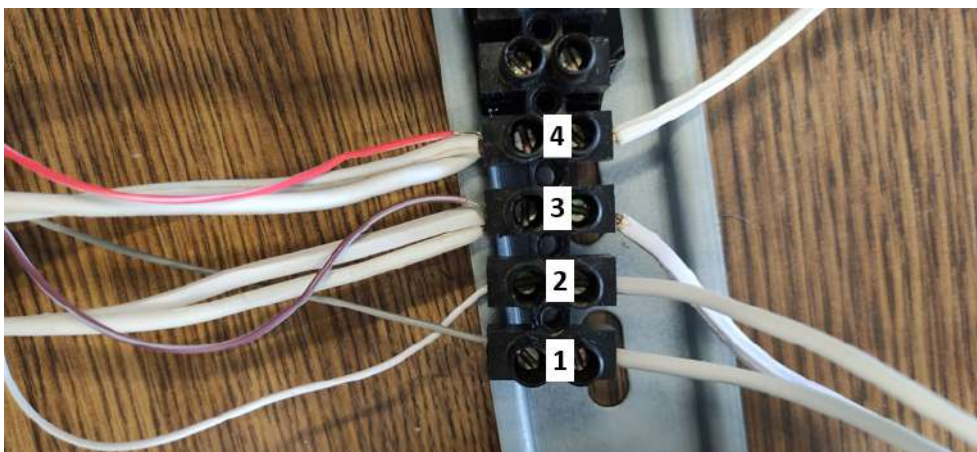


Figura 5.1: Alimentación del caudalímetro (conectores 1 y 2) y comunicación Modbus (conectores 3 y 4).

Por último, en el supuesto que se medir los datos del mediante el PLC, habría que añadir la ID Modbus del caudalímetro (ID=1 por defecto) al cambio alternativo

que se produce en el parámetro MB_ADDR. Para ello basta con cambiar el “2” de la figura 4.10 por un “1”.

5.2. Registro de datos

Uno de los motivos por los que se prefiere realizar la adquisición de datos mediante el software FlowVision frente al PLC es por su sencillez y versatilidad. En la figura 5.2 se muestra la ventana de configuración para el registro de datos del caudalímetro.

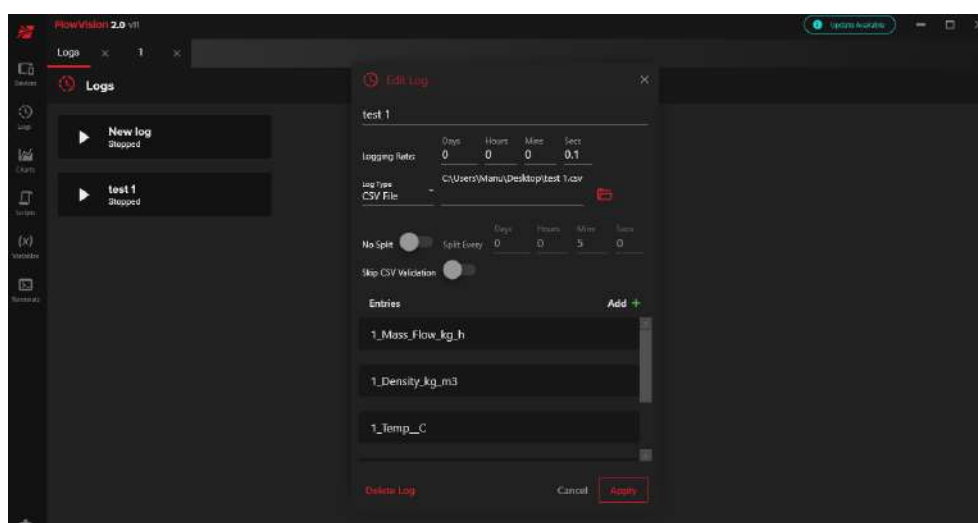


Figura 5.2: Ajustes de registro de datos en FlowVision 2.0.

En el apartado “Logging Rate” se decide el ratio de almacenamiento de datos. Pudiendo incluso guardar datos cada 0,1 segundos, mientras que con el PLC el intervalo entre registro de datos debería ser alrededor de 5 segundos. En la parte inferior de la pantalla se determina que parámetros desean ser registrados. En el caso de la figura se registran caudal másico, densidad, temperatura, flujo volumétrico y flujo total. Los datos se registran en un archivo CSV, un ejemplo de registro con esta configuración se muestra en la figura 5.3.

	A	B	C	D	E	F
1	Time	1_Mass_Flow_kg_h	1_Density_kg_m3	1_Temp_C	1_Vol_Flow_L_h	1_Tot_Mass_Flow_g
2	2023-07-27T10:45:48.873	-0.0015	1150	37.74	-0.0013	1707988
3	2023-07-27T10:45:48.981	0.0014	1150	37.75	0.0012	1707988
4	2023-07-27T10:45:49.090	0.002	1150	37.71	0.0017	1707988
5	2023-07-27T10:45:49.201	0.0025	1150	37.72	0.0022	1707988
6	2023-07-27T10:45:49.309	0.0087	1150	37.74	0.0076	1707988
7	2023-07-27T10:45:49.422	0.0049	1150	37.73	0.0043	1707988
8	2023-07-27T10:45:49.532	0.0059	1150	37.7	0.0051	1707988
9	2023-07-27T10:45:49.640	0.0017	1150	37.69	0.0015	1707988
10	2023-07-27T10:45:49.761	0.0085	1150	37.68	0.0074	1707988
11	2023-07-27T10:45:49.855	0.0125	1150	37.68	0.0109	1707988
12	2023-07-27T10:45:49.948	0.012	1150	37.68	0.0104	1707988
13	2023-07-27T10:45:50.041	0.009	1150	37.7	0.0079	1707988
14	2023-07-27T10:45:50.149	0.0043	1150	37.69	0.0038	1707988
15	2023-07-27T10:45:50.259	0.0105	1150	37.69	0.0092	1707988
16	2023-07-27T10:45:50.372	0.0156	1150	37.68	0.0136	1707988
17	2023-07-27T10:45:50.462	0.0165	1150	37.71	0.0144	1707988
18	2023-07-27T10:45:50.575	0.0144	1150	37.71	0.0126	1707988
19	2023-07-27T10:45:50.671	0.0117	1150	37.71	0.0102	1707988
20	2023-07-27T10:45:50.763	0.0145	1150	37.72	0.0126	1707988
21	2023-07-27T10:45:50.873	0.018	1150	37.71	0.0156	1707988

Figura 5.3: Ejemplo de registro de datos del caudalímetro.

5.3. Monitorización

Para la visualización de datos en tiempo real, hay que dirigirse al apartado “Devices” y seleccionar nuestro dispositivo. Esta pestaña, mostrada en la figura 5.4, ilustra la variación en parámetros de interés como son el caudal volumétrico, caudal másico, temperatura entre otros.

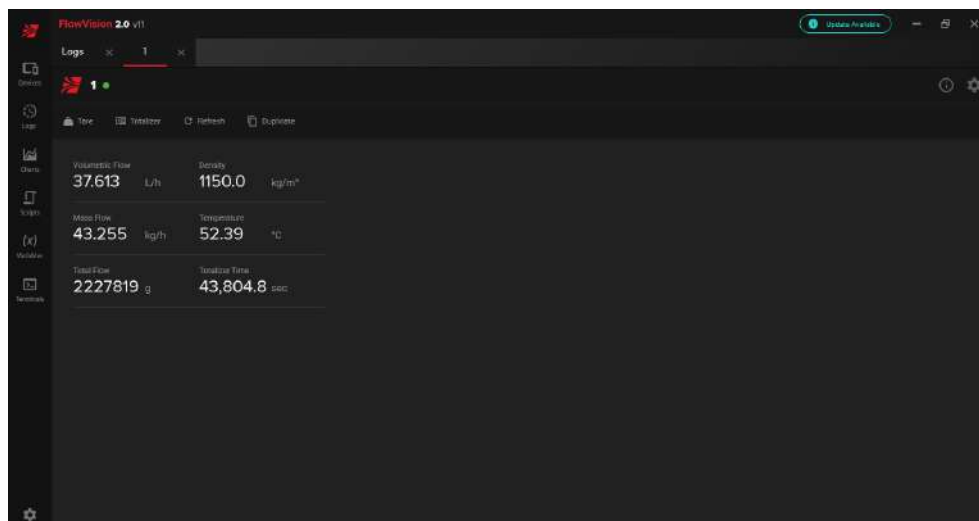


Figura 5.4: Ejemplo de monitorización de datos del caudalímetro.

La figura 5.5 ilustra la situación del caudalímetro, así como la conexión por medio de USB-C a un portátil. En este portátil es donde tiene lugar el registro y monitorización de datos.



Figura 5.5: Caudalímetro y monitorización de datos.

Capítulo 6

Registro de datos

Una de las partes más importantes de este proyecto es el registro de datos. Hasta este punto, los datos han sido procesados en etiquetas y bloques de datos. Sin embargo, debido a que estos datos se renuevan con cada ciclo de ejecución, surge la necesidad de contar con un registro de datos que pueda almacenar y estructurar la información recopilada. El registro de datos se hace mediante la función “Registro”, conformada por una serie de instrucciones. Los datos se almacenan en formato CSV (Comma Separated Value).

En la figura 6.1 se ilustra el procedimiento seguido para el almacenamiento de datos. Mediante las instrucciones “Data Log Instructions” se crea un registro de datos que toma como entrada los valores procesados en los apartados En los apartados 3 y 4. Estos se almacenan en la tarjeta de memoria contenida en el PLC. Finalmente, el acceso a los datos se puede hacer de dos maneras. Físicamente, vía la tarjeta de memoria, o virtualmente, a través del servidor web del PLC.

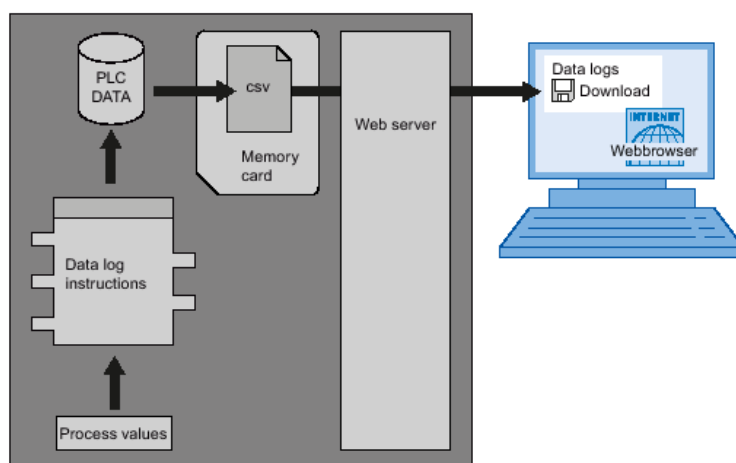


Figura 6.1: Procedimiento de almacenamiento de datos.

Las instrucciones utilizadas son “DataLogCreate” para crear el registro, “DataLogOpen” para abrir el registro, “DataLogWrite” para escribir en el registro y “DataLogClose” para cerrar el registro [20].

6.1. DataLogCreate

El primer paso, previo al uso de las instrucciones, es la creación de un nuevo tipo de dato. Este tipo de dato tiene varias funciones. Por un lado, contiene información necesaria para la operación de las instrucciones. Por otro lado, debe tener declaradas todas las señales cuyos datos se quieren almacenar. El dato creado se llama “tipoDatoRegistrado”, la figura 6.2 ilustra las variables de operación y la variable “Señales”, una variable de tipo “Struct” que contiene todas las señales mencionadas previamente. Por consiguiente, siempre que se quiera añadir un nuevo sensor al PLC, será necesario añadir una variable que represente a la medida procesada del sensor a “Señales”.

...SAYOS_CONTROL_vManu_28_07 ▸ PLC_1 [CPU 1512SP-1 PN] ▸ PLC data types ▸ tipoDatoRegistrado

tipoDatoRegistrado									
	Name	Data type	Default value	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Supe...	
1	Nombre	String	"	☒	☒	☒	☐		
2	ID	DWord	16#0	☒	☒	☒	☐		
3	Cabecera	String	"	☒	☒	☒	☐		
4	Señales	Struct		☒	☒	☒	☐		
5	T_Entrada_Compresor	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
6	T_Salida_Compresor	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
7	T_Deposito_Bajo	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
8	T_Salida_Evaporador	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
9	T_Salida_Evaporador2	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
10	T_Salida_Condensador2	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
11	T_Salida_Aire	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
12	T_Deposito_Alto	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
13	T_Entrada_Compresor2	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
14	T_Salida_Condensador	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
15	T_Ambiente	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
16	T_Entrada_Condensador	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
17	P_Entrada_Evaporador	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
18	P_Entrada_Condensador	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
19	P_Salida_Condensador	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
20	P_Baja	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
21	Voltaje	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
22	Corriente	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
23	Pot_Activa	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		
24	Pot_Reactiva	Real	0.0	☒	☒	☒	☐		

Figura 6.2: Variable tipoDatoRegistrado.

Ahora sí, se implementa la instrucción DataLogCreate, figura 6.3.

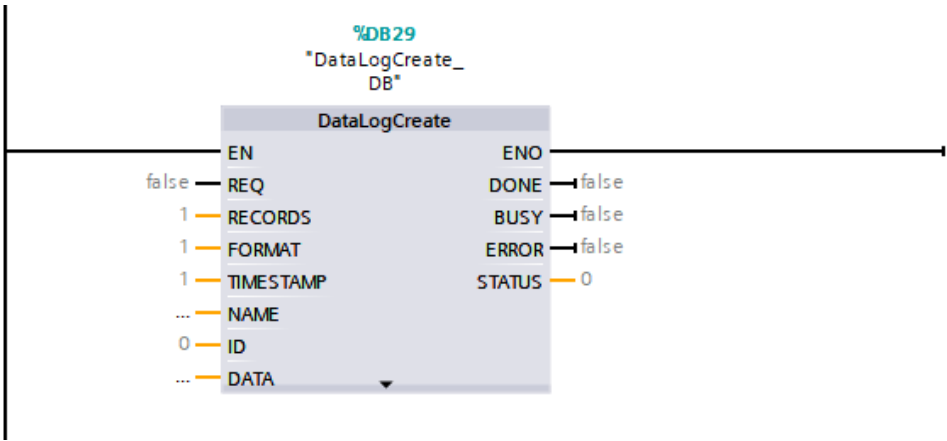
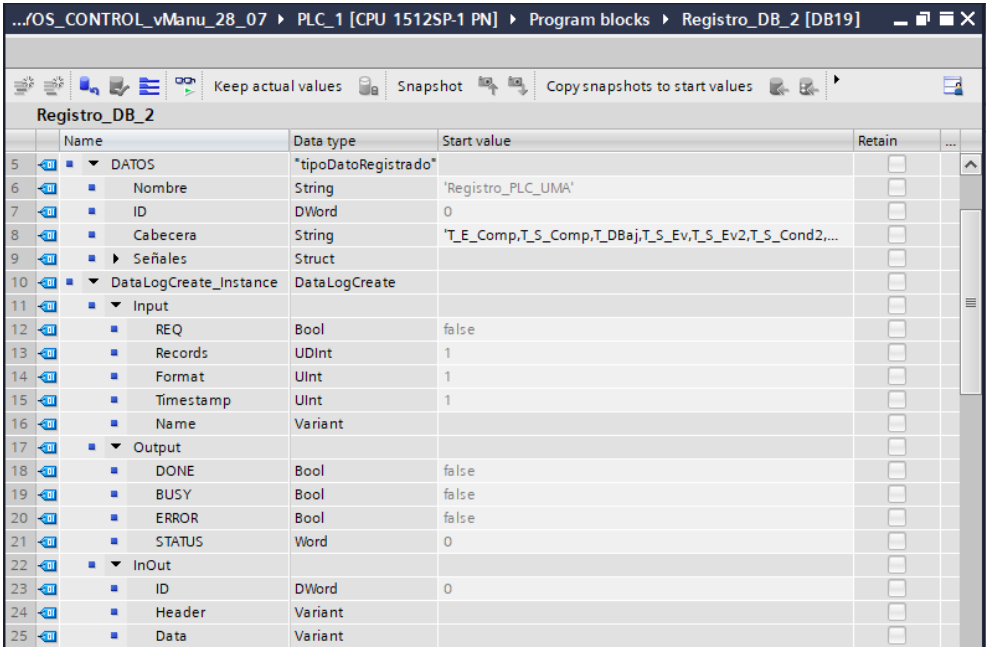


Figura 6.3: Instrucción DataLogCreate.

Los parámetros de entrada del bloque están a la izquierda, y los parámetros de salida del bloque están a la derecha. La descripción de estos, así como el

valor que se les asigna a los parámetros de entrada se especifican en la tabla 6.1. Los valores de los parámetros que regulan la instrucción aparecen en la figura 6.4.



	Name	Data type	Start value	Retain
5	▼ DATOS	"tipoDatoRegistrado"		☐
6	Nombre	String	'Registro_PLC_UMA'	☐
7	ID	DWord	0	☐
8	Cabecera	String	'T_E_Comp,T_S_Comp,T_DBaj,T_S_Ev,T_S_Ev2,T_S_Cond2,...'	☐
9	Señales	Struct		☐
10	▼ DataLogCreate_Instance	DataLogCreate		☐
11	▼ Input			☐
12	REQ	Bool	false	☐
13	Records	UDInt	1	☐
14	Format	UInt	1	☐
15	Timestamp	UInt	1	☐
16	Name	Variant		☐
17	▼ Output			☐
18	DONE	Bool	false	☐
19	BUSY	Bool	false	☐
20	ERROR	Bool	false	☐
21	STATUS	Word	0	☐
22	▼ InOut			☐
23	ID	DWord	0	☐
24	Header	Variant		☐
25	Data	Variant		☐

Figura 6.4: Variables de la instrucción DataLogCreate en el bloque Registro_DB2.

Parámetro	Tipo de dato	Descripción	Valor del parámetro
REQ	BOOL	Ejecución de la instrucción. Se activa con un flanco positivo	CrearLog
RECORDS	UDInt	Número máximo de registros en el data log	nMuestras: 6000
FORMAT	UInt	0: Interno 1: CSV	0
TIMESTAMP	UInt	Determina el formato de la fecha y la hora	2
NAME	String	Nombre del data log	'Registro_PLC_UMA'
ID	DWORD	Identidad del data log, requerido para el resto de instrucciones	0
HEADER	String	Cabecera del data log, este parámetro se escribe al comienzo del archivo csv. Son palabras separadas separadas por comas que representan a las variables Límite de 256 caracteres	Cabecera: 'T_E_Comp, T_S_Comp,...'
DATA	Struct	Señala a la estructura de datos donde se guardan los datos.	DATOS.Señales
DONE	Bool	El bit DONE es TRUE durante un ciclo después de que la última orden se haya ejecutado correctamente	
BUSY	Bool	0: No se está procesando la instrucción 1: Se está procesando la instrucción	
ERROR	Bool	Parámetro de estatus: 0: Sin error 1: Error	
STATUS	Word	Código de error. El error asociado se puede consultar en la guía de errores	

Tabla 6.1: Parámetros de la instrucción DataLogCreate

En algunos caso aparecen los nombres de las variables junto al valor del parámetro. En otros casos, huecos en blanco, puesto que las variables de salida no toman valores fijos. El parámetro “HEADER”, se compone por un “String” formado por muchos elementos, los cuales no caben en la tabla, de ahí los puntos suspensivos. La configuración final se muestra en la figura 6.5

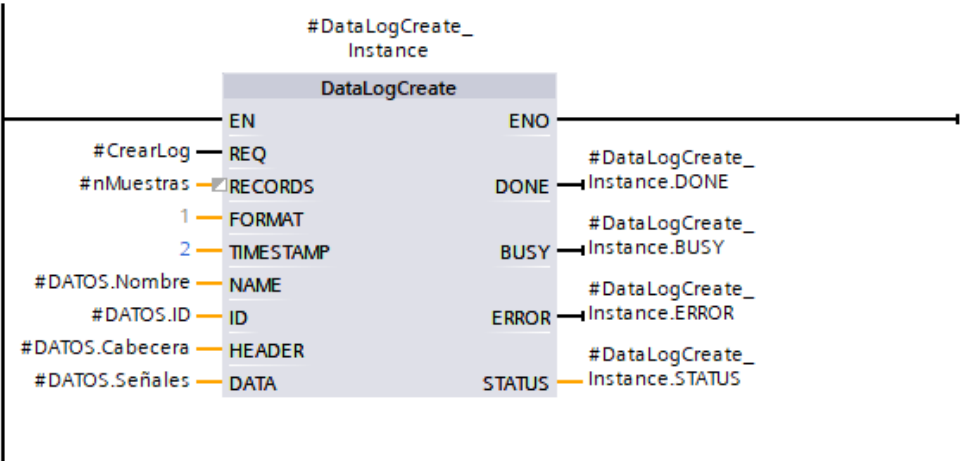


Figura 6.5: Instrucción “DataLogCreate” configurada.

6.2. DataLogOpen

Se ha creado el registro con la instrucción DataLogCreate, el siguiente paso es abrirlo. Para ello es obligatorio servirse de la instrucción DataLogOpen (figura 6.6). El registro de datos debe estar abierto para poder ser modificado.

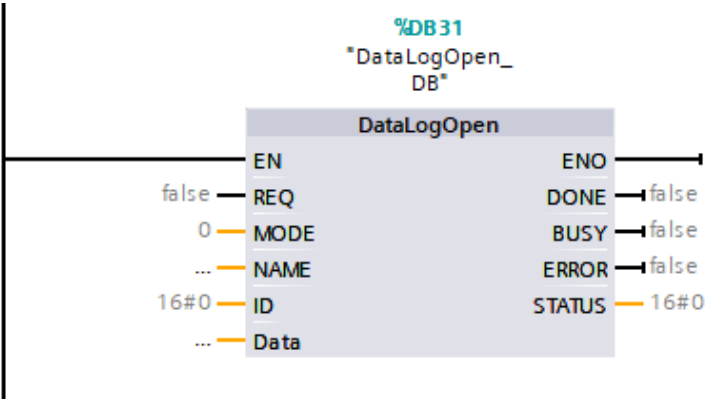


Figura 6.6: Instrucción DataLogOpen.

Los parámetros de entrada de la instrucción figuran a la izquierda, y los parámetros de salida de la instrucción figuran a la derecha. La descripción de estos, así como el valor que se les asigna a los parámetros de entrada se especifican en la tabla 6.2. Los valores de los parámetros que bajo los que opera la instrucción aparecen en la figura 6.7.

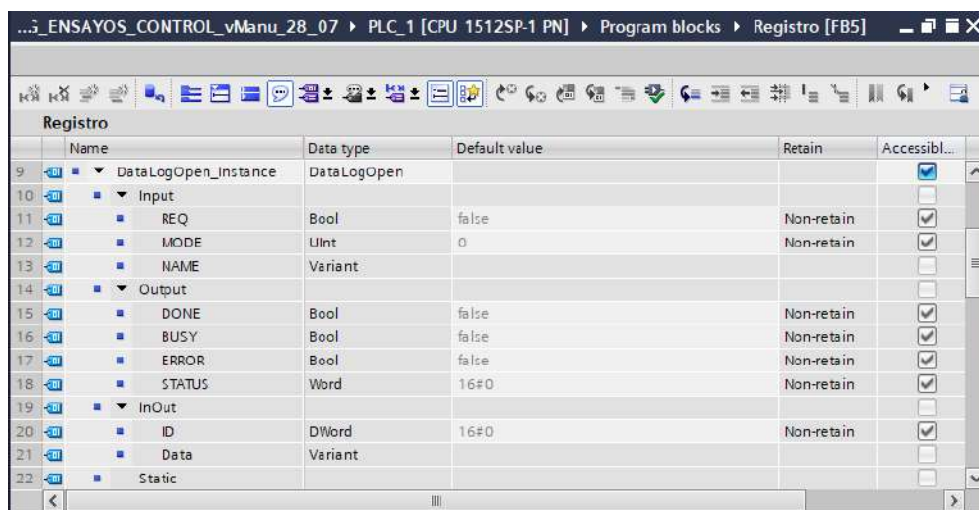


Figura 6.7: Variables de la instrucción DataLogOpen en el bloque Registro_DB2.

Parámetro	Tipo de dato	Descripción	Valor del parámetro
REQ	BOOL	Ejecución de la instrucción. Se activa con un flanco positivo	CrearLog
MODE	UInt	Modo de apertura del registro de datos: 0: Se conservan los datos del registro 1: Se borran los datos del registro	0
NAME	String	Nombre del data log	'Registro_PLC_UMA'
ID	DWORD	Identidad del data log	0
DATA		No es necesario, comprueba que se abre el registro adecuado	
DONE	Bool	El bit DONE es TRUE durante un ciclo después de que la última orden se haya ejecutado correctamente	
BUSY	Bool	0: No se está procesando la instrucción 1: Se está procesando la instrucción	
ERROR	Bool	Parámetro de estatus: 0: Sin error 1: Error	
STATUS	Word	Código de error. El error asociado se puede consultar en la guía de errores	

Tabla 6.2: Parámetros de la instrucción DataLogOpen

Se cierra esta sección con la figura 6.8, que muestra la configuración que se ha elegido.

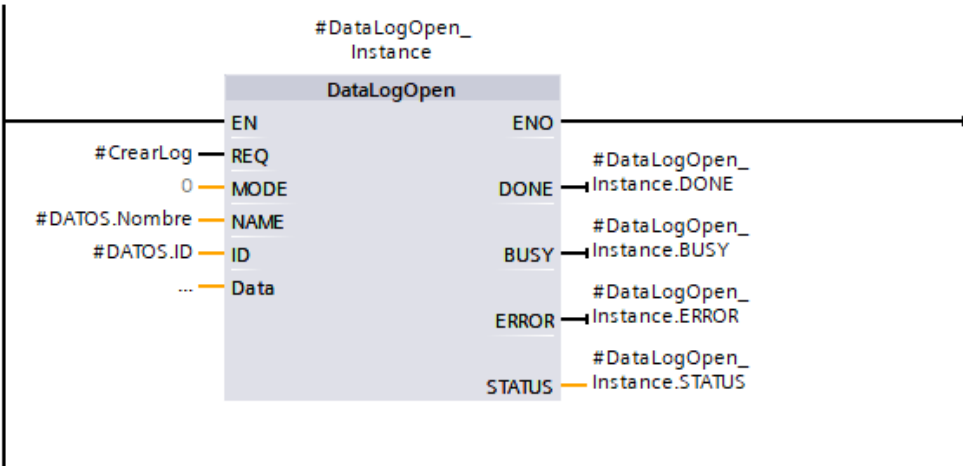
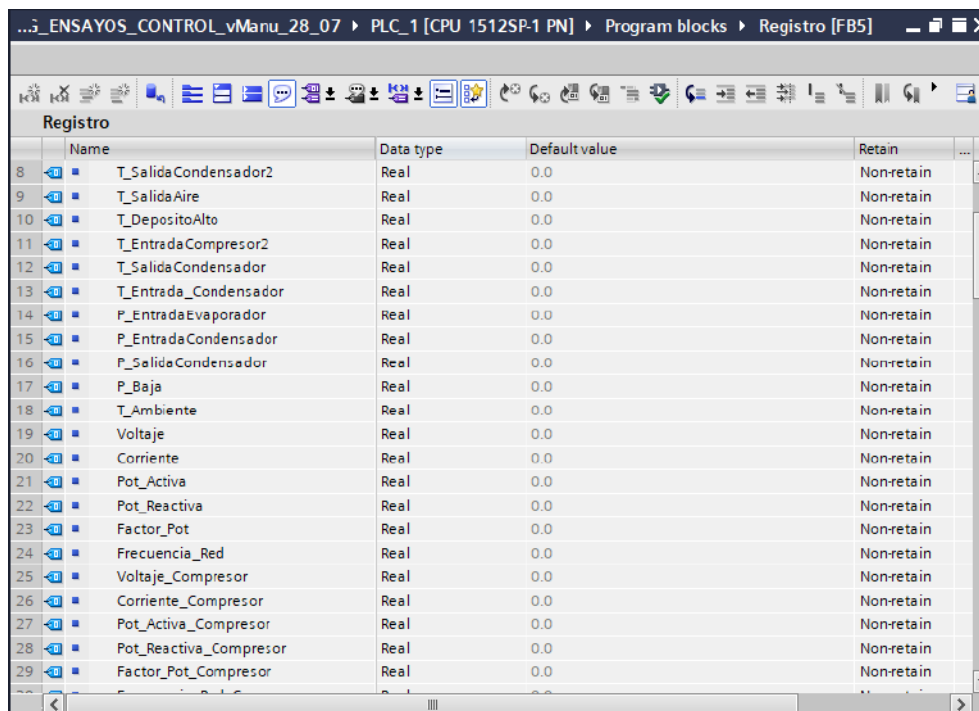


Figura 6.8: Instrucción DataLogOpen configurada.

6.3. DataLogWrite

En el proceso de escritura en el registro, es necesario seguir una serie de pasos. Primero, en el bloque de función "Registro", es preciso declarar las variables de entrada pertinentes. Estas variables se vincularán cuando se invoque la función "Registro" con las etiquetas y bloques de datos que hasta ahora han almacenado los datos. En la figura 6.9 se muestran algunas de las variables.



	Name	Data type	Default value	Retain
8	T_SalidaCondensador2	Real	0.0	Non-retain
9	T_SalidaAire	Real	0.0	Non-retain
10	T_DepositoAlto	Real	0.0	Non-retain
11	T_EntradaCompresor2	Real	0.0	Non-retain
12	T_SalidaCondensador	Real	0.0	Non-retain
13	T_Entrada_Condensador	Real	0.0	Non-retain
14	P_EntradaEvaporador	Real	0.0	Non-retain
15	P_EntradaCondensador	Real	0.0	Non-retain
16	P_SalidaCondensador	Real	0.0	Non-retain
17	P_Baja	Real	0.0	Non-retain
18	T_Ambiente	Real	0.0	Non-retain
19	Voltaje	Real	0.0	Non-retain
20	Corriente	Real	0.0	Non-retain
21	Pot_Activa	Real	0.0	Non-retain
22	Pot_Reactiva	Real	0.0	Non-retain
23	Factor_Pot	Real	0.0	Non-retain
24	Frecuencia_Red	Real	0.0	Non-retain
25	Voltaje_Compresor	Real	0.0	Non-retain
26	Corriente_Compresor	Real	0.0	Non-retain
27	Pot_Activa_Compresor	Real	0.0	Non-retain
28	Pot_Reactiva_Compresor	Real	0.0	Non-retain
29	Factor_Pot_Compresor	Real	0.0	Non-retain

Figura 6.9: Variables de entrada del bloque de función Registro.

Una vez que estas entradas estén implementadas, estaremos en condiciones de transferir los datos hacia la estructura llamada “DATOS.Señales” dentro del bloque Registro. Para ello, se utiliza la instrucción “MOVE”, en la figura 6.10 se aprecia un ejemplo del uso que habría que aplicar a todas las variables.

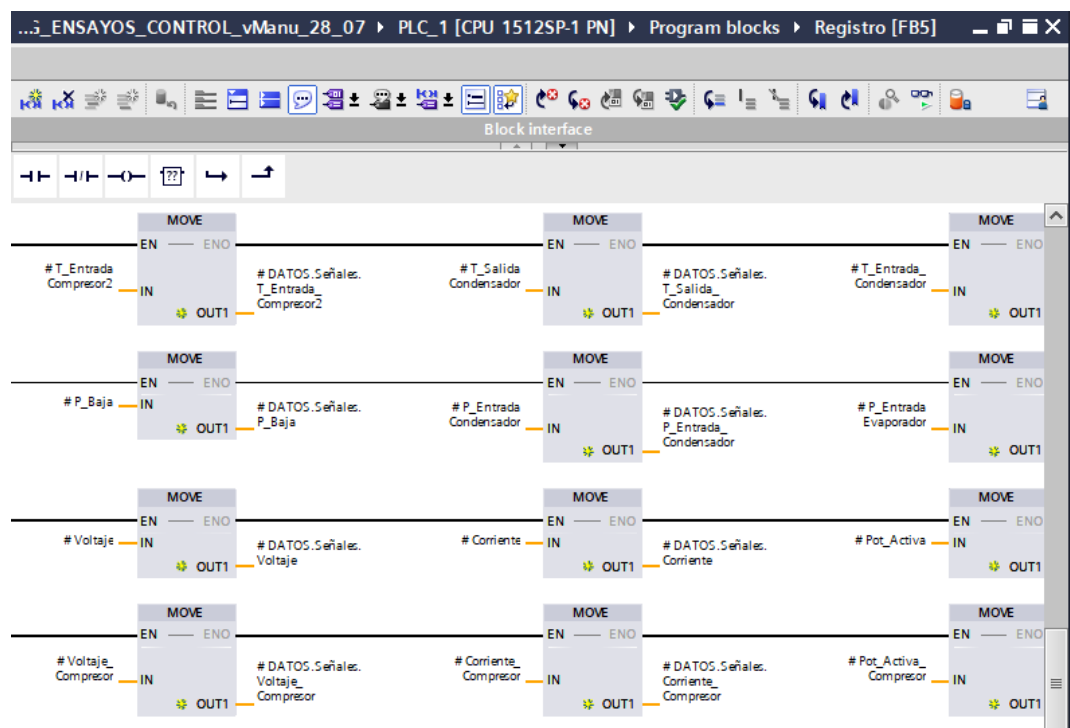


Figura 6.10: Transferencia de datos hacia la estructura “DATOS.Senales” desde las variables de entrada.

Después de completar estos pasos, estamos listos para ejecutar la instrucción DataLogWrite. Esta instrucción es la que verdaderamente generará el registro de datos y asignará los valores almacenados en la estructura “DATOS.Senales” al registro en cuestión.

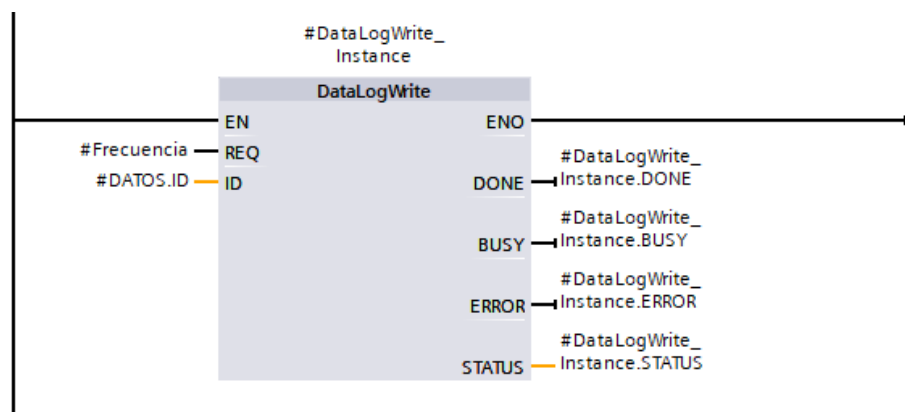


Figura 6.11: Instrucción DataLogWrite configurada.

Podemos observar, en la figura 6.11, como la instrucción solo requiere para funcionar dos parámetros, el parámetro “REQ”, que se activa cuando la variable frecuencia cambia de FALSE a TRUE. Y el parámetro ID referido al registro con el que se ha estado trabajando.

Tras esta instrucción culmina la creación de la función Registro. Esta se utiliza en forma de bloque de alrededor de 25 entradas, en la figura 6.12 se ven algunas de ellas. Si visualizáramos el bloque completo veríamos también las variables relacionadas con la adquisición de presión y con los vatímetros.

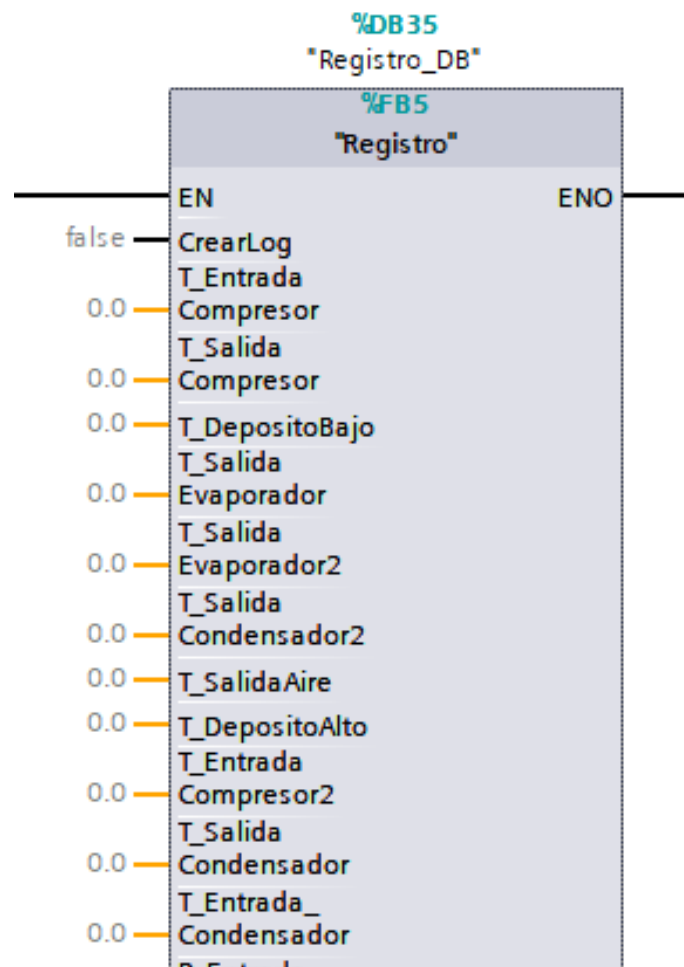


Figura 6.12: Función registro sin configurar.

En la figura 6.13 vemos un ejemplo de cómo se completaría una parte de la función con variables del bloque de datos “DATOS_ANALIZADOR”. Las variables acabadas en “Compresor” son referidas a las medidas tomadas por el analizador

de potencia del compresor, las demás se refieren al analizador de potencia de la aerotermia.

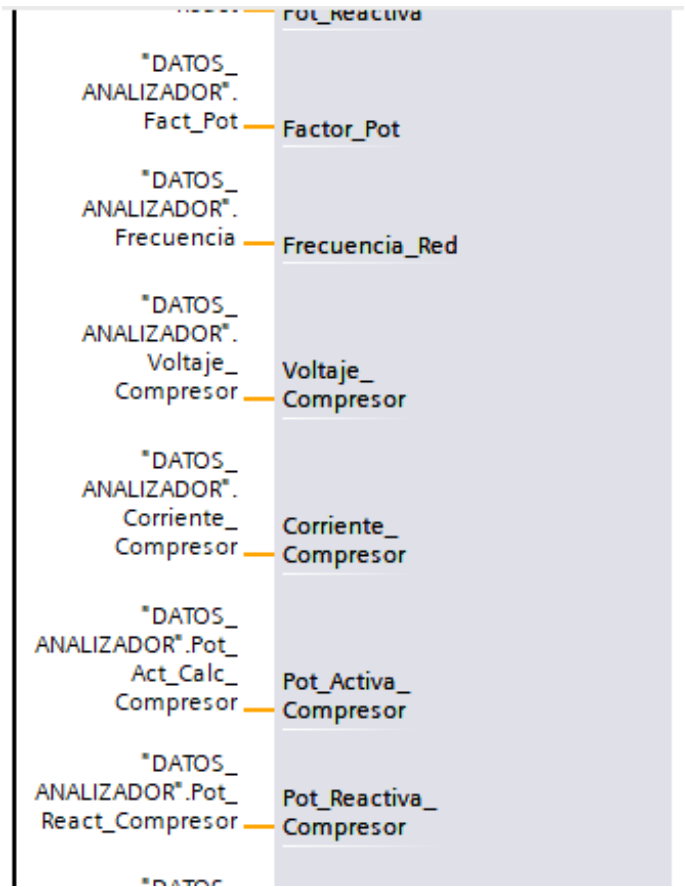


Figura 6.13: Función registro configurada con datos de los vatímetros.

Capítulo 7

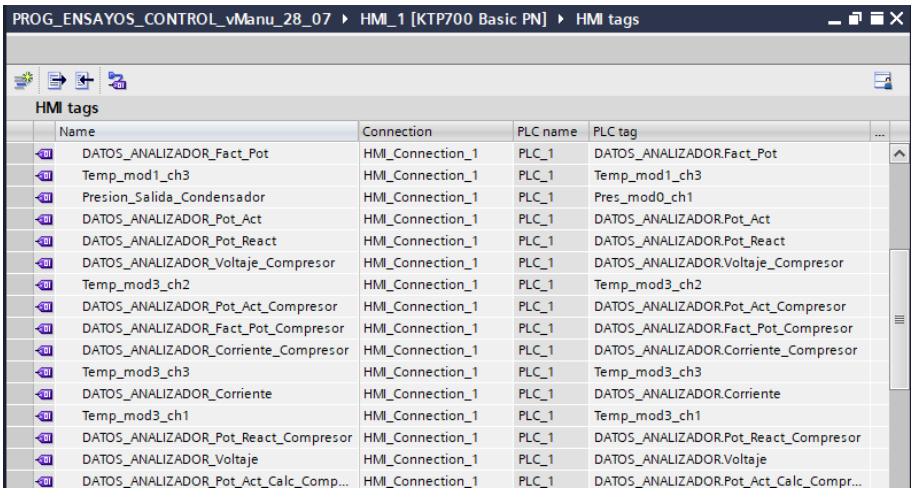
Monitorización del sistema

La misión en este apartado es configurar el dispositivo HMI para que permita la visualización en tiempo real de las variables del sistema. Así como la forma en la que varían estas variables. El HMI se presenta como una pantalla táctil.

El dispositivo se maneja mediante “Pantallas”, las pantallas se utilizan para mostrar variables, información sobre sondas, e incluso hasta el menú. Se puede navegar entre ellas a través de botones y vínculos entre pantallas. Finalmente, TIA Portal permite simular el dispositivo HMI para agilizar la programación.

Primero y principal, se requiere establecer las variables que la HMI emplea. Este procedimiento involucra la creación de etiquetas específicas de la HMI en la sección denominada "HMI tags", seguido por su vinculación con las variables correspondientes en el PLC, dentro de la columna designada como "PLC tag". Algunas de ellas se exhiben en la figura 7.1.

En los apartados sucesivos se muestra el diseño realizado con Adobe Photoshop de las pantallas relevantes para este proyecto. Dentro de estos apartados también se explicará la función que cumplen las pantallas, así como el proceso general de programación seguido.



Name	Connection	PLC name	PLC tag
DATOS_ANALIZADOR_Fact_Pot	HMI_Connection_1	PLC_1	DATOS_ANALIZADOR.Fact_Pot
Temp_mod1_ch3	HMI_Connection_1	PLC_1	Temp_mod1_ch3
Presion_Salida_Condensador	HMI_Connection_1	PLC_1	Pres_mod0_ch1
DATOS_ANALIZADOR_Pot_Act	HMI_Connection_1	PLC_1	DATOS_ANALIZADOR.Pot_Act
DATOS_ANALIZADOR_Pot_React	HMI_Connection_1	PLC_1	DATOS_ANALIZADOR.Pot_React
DATOS_ANALIZADOR_Voltaje_Compresor	HMI_Connection_1	PLC_1	DATOS_ANALIZADOR.Voltaje_Compresor
Temp_mod3_ch2	HMI_Connection_1	PLC_1	Temp_mod3_ch2
DATOS_ANALIZADOR_Pot_Act_Compresor	HMI_Connection_1	PLC_1	DATOS_ANALIZADOR.Pot_Act_Compresor
DATOS_ANALIZADOR_Fact_Pot_Compresor	HMI_Connection_1	PLC_1	DATOS_ANALIZADOR.Fact_Pot_Compresor
DATOS_ANALIZADOR_Corriente_Compresor	HMI_Connection_1	PLC_1	DATOS_ANALIZADOR.Corriente_Compresor
Temp_mod3_ch3	HMI_Connection_1	PLC_1	Temp_mod3_ch3
DATOS_ANALIZADOR_Corriente	HMI_Connection_1	PLC_1	DATOS_ANALIZADOR.Corriente
Temp_mod3_ch1	HMI_Connection_1	PLC_1	Temp_mod3_ch1
DATOS_ANALIZADOR_Pot_React_Compresor	HMI_Connection_1	PLC_1	DATOS_ANALIZADOR.Pot_React_Compresor
DATOS_ANALIZADOR_Voltaje	HMI_Connection_1	PLC_1	DATOS_ANALIZADOR.Voltaje
DATOS_ANALIZADOR_Pot_Act_Calc_Comp...	HMI_Connection_1	PLC_1	DATOS_ANALIZADOR.Pot_Act_Calc_Comp...

Figura 7.1: Etiquetas del HMI “HMI tags”.

7.1. Menú principal

Cuando se inicia el HMI, la pantalla que se visualiza es la “Root screen” (figura 7.2. Cumple como menú principal, desde aquí se puede navegar a las demás ventanas.

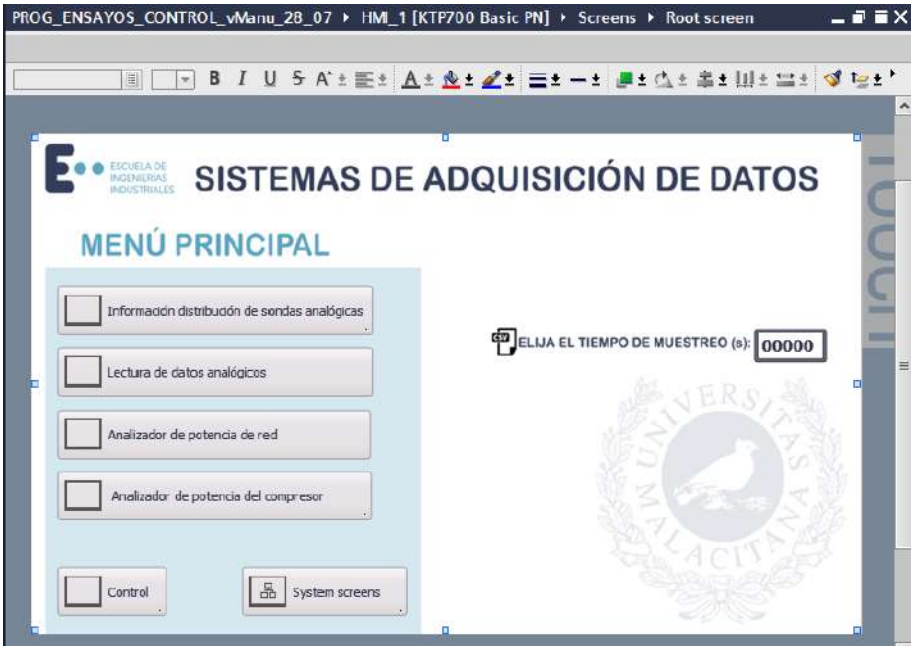


Figura 7.2: Pantalla “MENÚ PRINCIPAL”.

En el menú se han colocado varios botones con texto, “Información distribución de sondas analógicas”, “Lectura de datos analógicos”, “Analizador de potencia de red” y “Analizador de potencia del compresor”. Estos se disponen de forma que al hacer click, presionarlos o soltarlos cambien a otra pantalla deseada, por ejemplo, la figura 7.3 ilustra como configurar el botón para que al soltarlo active la pantalla “Información distribución de sondas analógicas”. Este procedimiento se realiza con el resto de los elementos del menú.

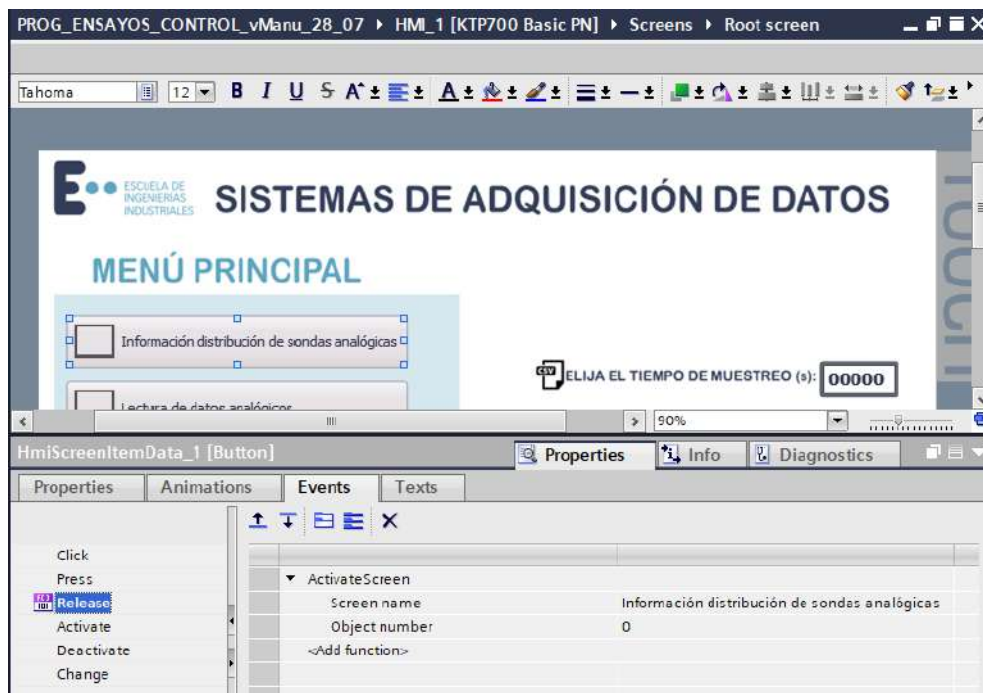


Figura 7.3: Configuración del cambio de pantalla.

7.2. Información sobre las sondas analógicas

En este apartado se describe la pantalla “Información distribución de sondas analógicas”. Esta pantalla no contiene ningún elemento de monitorización, más bien, sirve para informar de la ubicación de las sondas analógicas. Está compuesta por una imagen que representa el ciclo de operación de la máquina.

En la imagen aparecen puntos verdes que representan sondas de temperatura y puntos naranjas que representan sondas de presión, cada uno de ellos con un letrero del mismo color indicando el nombre de la sonda.

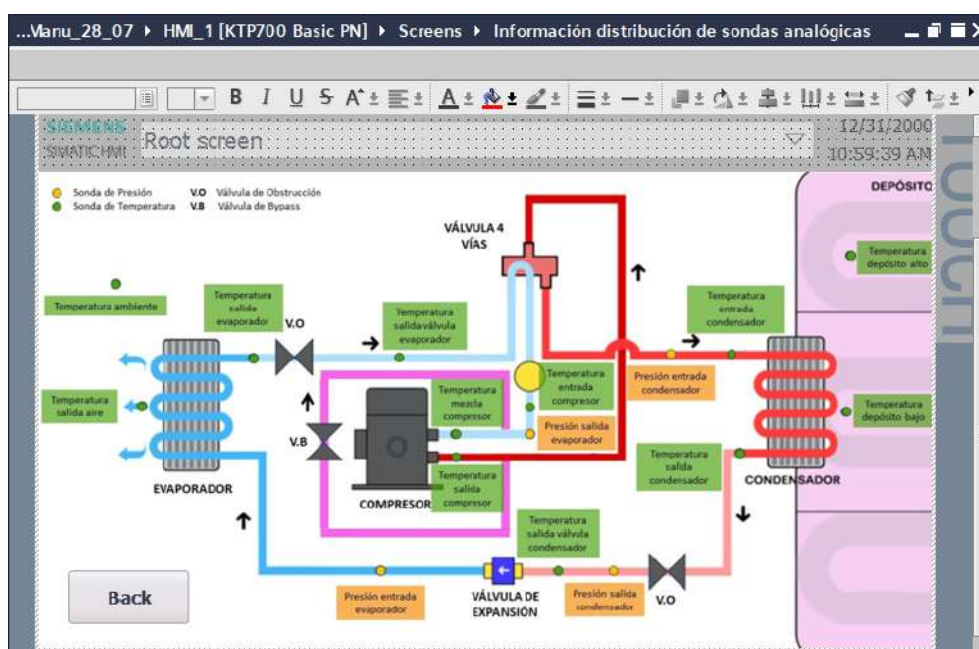


Figura 7.4: Pantalla “Información distribución de sondas analógicas”.

Además, en la figura 7.4 se expone el botón “Back”. Este al ser pulsado efectúa un cambio de pantalla, el botón se programa como en la figura 7.3. La única diferencia es que en este caso al pulsar el botón se redirige a la pantalla del menú principal. Esta función se utiliza también en el resto de las pantallas que hay en el menú principal.

7.3. Lectura de datos analógicos

En esta sección se muestra la pantalla “Lectura de datos analógicos”, en ella se muestra en tiempo real la evolución de las presiones y temperaturas a lo largo del ciclo. En la figura 7.5 se refleja la misma imagen representativa del ciclo termodinámico empleada en el apartado anterior. Pero en este caso, acompañando a las sondas de presión y temperatura, se tienen pequeños cuadros que representan el valor en grados centígrados o bares según el caso.

A parte de su función de monitorización, los cuadros tienen otro propósito importante. Cuando son presionados, actúan como enlaces que dirigen hacia una nueva pantalla que muestra una gráfica que representa la evolución de los datos medidos.

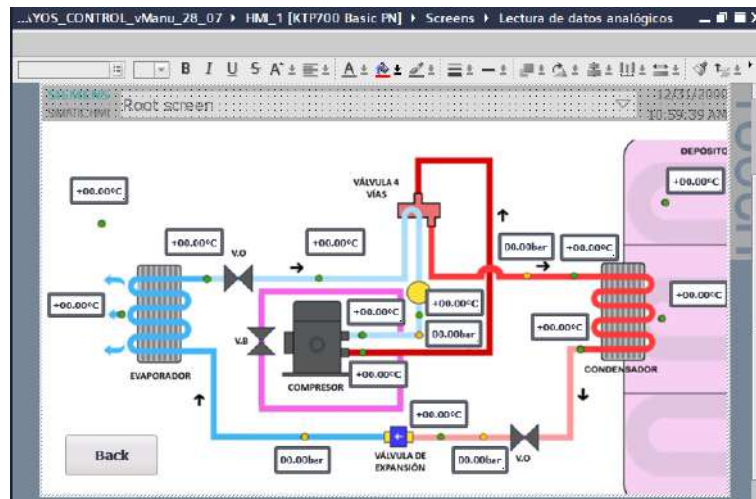


Figura 7.5: Pantalla “Lectura de datos analógicos”.

A continuación, en la figura 7.6 se muestra la configuración de uno de los cuadros de monitorización. Estos están representando en cada ciclo de funcionamiento del PLC el valor de una variable. Únicamente, hay que vincularlos en el apartado “Tag” con la etiqueta HMI de la variable que queremos monitorizar. A partir de ahí es posible cambiar el formato de representación de los datos, el tamaño de los cuadros, su color, etc.

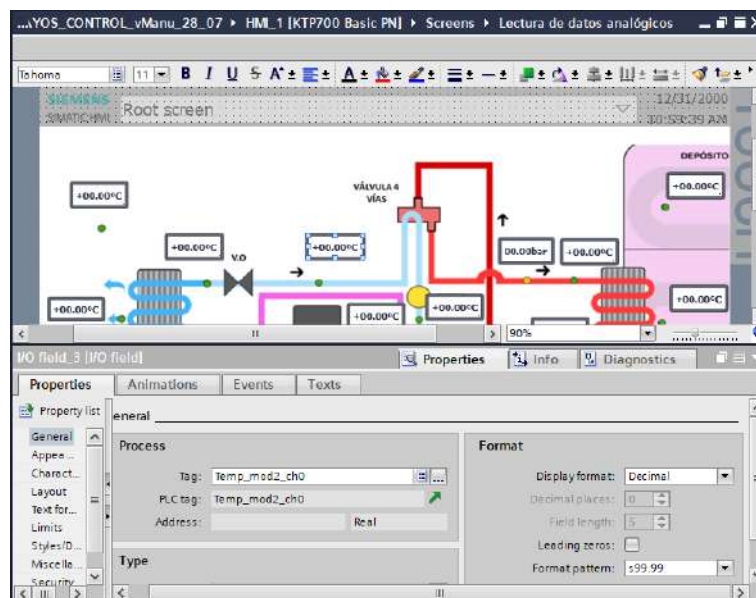


Figura 7.6: Configuración de un cuadro de monitorización.

En cuanto a la representación gráfica de los valores, es necesario crear una pantalla que contenga una gráfica para cada parámetro del que se desee contemplar su evolución. En las propiedades, en el apartado “Trend” se asocian las variables con su etiqueta del PLC, de la misma manera que aparece en la figura 7.7.

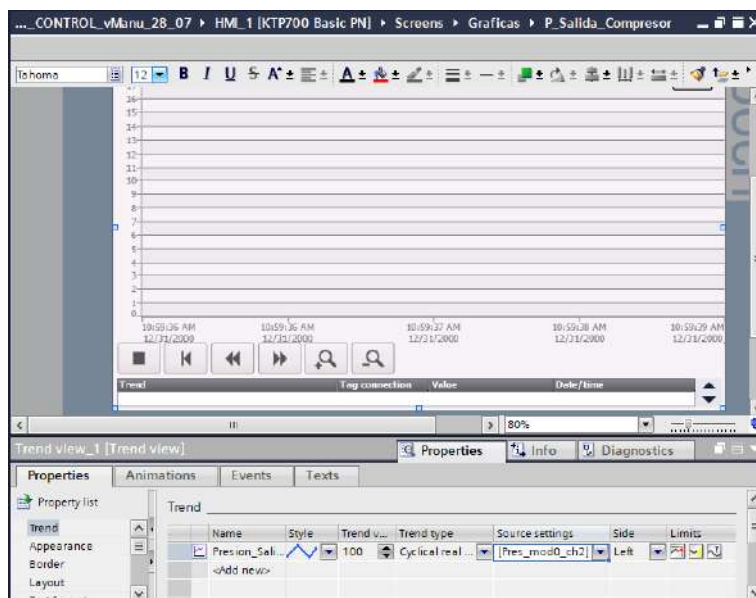


Figura 7.7: Configuración de las gráficas.

Acto seguido, se coloca un botón sobre el cuadro de monitorización. Se establece un vínculo tal que, el botón, al ser pulsado, active la pantalla de la gráfica correspondiente a esa variable. Por último, se cambia el formato del botón a transparente para que se pueda ver debajo el valor de la señal monitorizada [21].

7.4. Analizadores de potencia

En esta última sección se muestran las pantallas relativas a los dos analizadores de potencia, el que está conectado a la aerotermia y el que está conectado al compresor. En ambas se pueden monitorizar voltaje, corriente, potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia.

Estas dos ventanas no incluyen ninguna metodología nueva, las dos han sido configuradas con los procesos anteriormente explicados. El diseño de ambas es el mismo, la única diferencia es que en una se muestra la aerotermia acoplada al

vatímetro y en la otra el compresor. Se muestra en la imagen 7.8 la pantalla del analizador de potencia de la aerotermia.



Figura 7.8: Analizador de potencia de la aerotermia.

Capítulo 8

Validación del software

8.1. Demostración del funcionamiento del registro

La lectura del registro de datos se hace a través del servidor web. Para acceder al servidor web es necesario escribir la dirección IP del PLC como una URL en el navegador del ordenador conectado al PLC. A continuación, en el apartado “Registro de datos” se encuentra disponible el registro bajo el nombre “Registro_PLC_UMA”. En la figura 8.1 se muestra un ejemplo de un registro de datos.

SeqNo	Date	LocTime	T_E_Comp	T_S_Comp	T_DBaj	T_S_Ev	T_S_Pv2	T_E_Cond	T_S_Cond2	T_S_Air	T_DAlt	T_E_Comp2	T_S_Cond	T_Amb	P_E_Ev	P_E_Cond	P_S_Cond	P_Baja	Volt	int	Per_Act	Per_Bea	Fact
1	7/17/2023	13:45:14	27.59	25.14	35.15	26.81	27.13	26.30	26.99	35.75	32.09	25.45	25.36	27.36	7.73	7.71	7.76	7.75	6.00	0.00	0.00	0.00	
2	7/18/2023	12:04:04	27.16	26.73	31.89	25.98	27.16	26.83	26.61	31.54	26.05	26.41	27.14	26.98	7.90	7.86	7.89	7.95	234.20	0.06	5.62	0.00	
3	7/19/2023	12:05:04	27.35	26.90	32.10	26.25	27.18	27.06	26.87	31.83	26.26	26.63	27.18	27.11	7.89	7.88	7.89	7.95	234.20	0.06	5.62	0.00	
4	7/19/2023	12:06:04	27.63	27.14	32.32	26.50	27.56	27.34	27.06	32.03	26.55	26.82	27.60	27.32	7.89	7.86	7.86	7.95	234.20	0.06	5.62	0.00	
5	7/19/2023	12:07:04	27.87	27.35	32.53	26.72	27.77	27.45	27.31	32.24	26.71	27.04	27.83	27.57	7.88	7.88	7.88	7.95	234.20	0.06	5.62	0.00	
6	7/19/2023	12:08:04	28.07	27.52	32.70	26.91	27.99	27.62	27.51	32.41	26.86	27.17	27.97	27.72	7.88	7.86	7.89	7.95	234.20	0.06	5.62	0.00	
7	7/19/2023	12:09:04	28.18	27.59	32.76	27.00	28.02	27.72	27.64	32.50	26.98	27.29	28.07	27.85	7.88	7.86	7.88	7.95	234.20	0.06	5.62	0.00	
8	7/19/2023	12:10:04	28.35	27.77	32.89	27.15	28.17	27.86	27.82	32.66	27.17	27.48	28.21	28.00	7.88	7.86	7.88	7.95	234.20	0.06	5.62	0.00	
9	7/19/2023	12:11:04	28.54	27.87	32.96	27.30	28.29	27.92	27.99	32.70	27.28	27.89	28.64	28.12	7.87	7.85	7.88	7.96	234.20	0.06	5.62	0.00	
10	7/19/2023	12:12:04	28.72	28.02	32.98	27.44	28.58	28.06	28.06	32.83	27.43	28.45	28.97	28.24	7.87	7.85	7.88	7.95	234.20	0.06	5.62	0.00	
11	7/19/2023	12:13:04	28.89	28.19	32.97	27.40	28.80	28.25	28.11	32.92	27.57	28.77	29.41	28.47	7.88	7.86	7.88	7.97	234.20	0.06	5.62	0.00	
12	7/19/2023	12:14:04	28.99	28.28	32.89	27.49	28.95	28.34	28.30	32.94	27.69	29.05	29.78	28.57	7.88	7.87	7.89	7.97	234.20	0.06	5.62	0.00	
13	7/19/2023	12:15:04	29.14	28.42	32.83	27.83	29.10	28.46	28.63	33.05	27.79	29.34	29.98	28.71	7.89	7.87	7.90	7.98	234.20	0.06	5.62	0.00	
14	7/19/2023	12:16:04	29.33	28.59	32.64	28.80	29.35	28.62	28.88	33.04	27.85	29.62	30.31	28.87	7.90	7.88	7.90	7.99	234.20	0.06	5.62	0.00	
15	7/19/2023	12:17:04	29.42	28.75	32.25	28.10	29.54	28.78	30.14	33.03	27.95	29.81	30.58	29.00	7.90	7.89	7.90	8.00	234.20	0.06	5.62	0.00	
16	7/19/2023	12:18:04	29.62	28.85	31.30	28.35	29.80	28.82	30.40	33.04	28.03	30.80	30.86	29.06	7.90	7.89	7.91	8.01	234.20	0.06	5.62	0.00	
17	7/19/2023	12:19:04	29.81	29.01	31.40	28.35	30.04	29.94	30.72	33.07	28.10	30.21	30.70	29.21	7.90	7.89	7.91	8.01	234.20	0.06	5.62	0.00	
18	7/19/2023	12:20:04	29.92	29.13	30.87	28.44	30.13	29.02	30.83	33.04	28.36	30.42	30.84	29.57	7.91	7.90	7.92	8.02	234.20	0.06	5.62	0.00	
19	7/19/2023	12:21:04	30.11	29.29	30.19	28.83	30.26	29.13	31.02	33.09	28.85	30.54	30.83	29.40	7.91	7.90	7.92	8.03	234.20	0.06	5.62	0.00	
20	7/19/2023	12:22:04	30.27	29.42	29.83	28.49	30.42	29.30	31.22	32.85	28.46	30.71	30.91	29.53	7.91	7.91	7.93	8.03	234.20	0.06	5.62	0.00	
21	7/19/2023	12:23:04	30.57	29.50	29.81	28.66	30.49	29.26	31.31	32.89	28.44	30.79	31.43	29.46	7.91	7.91	7.92	8.04	234.20	0.06	5.62	0.00	
22	7/19/2023	12:24:04	30.53	29.69	29.47	28.49	30.75	29.41	31.56	32.81	28.47	30.86	31.44	29.72	7.91	7.91	7.92	8.04	234.20	0.06	5.62	0.00	
23	7/19/2023	12:25:04	30.79	29.84	29.40	28.89	30.79	29.47	31.59	32.62	28.52	31.00	31.64	29.76	7.91	7.90	7.92	8.04	234.20	0.06	5.62	0.00	
24	7/19/2023	12:26:04	30.81	29.87	29.30	29.10	30.91	29.55	31.71	32.31	28.55	31.07	31.90	29.84	7.91	7.91	7.92	8.04	234.20	0.06	5.62	0.00	
25	7/19/2023	12:27:04	30.93	29.94	29.27	29.19	30.93	29.63	31.79	31.95	28.60	31.15	31.90	29.96	7.91	7.90	7.92	8.04	234.20	0.06	5.62	0.00	
26	7/19/2023	12:28:04	31.04	30.01	29.24	28.48	31.04	29.74	31.90	31.43	28.60	31.15	31.77	30.01	7.90	7.90	7.92	8.04	234.20	0.06	5.62	0.00	
27	7/19/2023	12:29:04	31.11	30.05	29.12	29.32	31.09	29.76	31.91	30.47	28.69	31.13	31.67	30.06	7.90	7.89	7.92	8.04	234.20	0.06	5.62	0.00	
28	7/19/2023	12:30:04	31.28	30.16	29.12	29.79	31.15	29.79	32.03	29.84	28.71	31.13	32.00	30.06	7.90	7.90	7.91	8.04	234.20	0.06	5.62	0.00	
29	7/19/2023	12:31:04	31.33	30.21	29.07	29.12	31.21	29.76	32.08	29.36	28.77	31.13	32.00	30.11	7.90	7.89	7.90	8.03	234.20	0.06	5.62	0.00	
30	7/19/2023	12:32:04	31.42	30.16	28.90	29.28	31.24	29.75	32.08	29.13	28.76	31.19	32.15	30.08	7.88	7.86	7.89	8.02	234.20	0.06	5.62	0.00	
31	7/19/2023	12:33:04	31.53	30.26	28.78	29.34	31.27	29.70	32.17	28.99	28.83	31.26	32.23	29.74	7.86	7.85	7.87	8.00	234.20	0.06	5.62	0.00	
32	7/19/2023	12:34:04	31.56	30.22	28.64	29.45	31.26	29.27	32.18	29.14	28.87	31.23	32.17	29.74	7.87	7.82	7.85	7.98	234.20	0.06	5.62	0.00	
33	7/19/2023	12:35:04	31.62	30.24	28.56	29.13	31.24	29.08	32.17	29.01	28.86	31.30	32.05	29.45	7.80	7.79	7.82	7.94	234.20	0.06	5.62	0.00	
34	7/19/2023	12:36:04	31.61	30.25	28.30	29.30	31.29	29.03	32.15	28.88	28.88	31.42	32.37	29.42	7.75	7.75	7.77	7.90	234.20	0.06	5.62	0.00	
35	7/19/2023	12:37:04	31.58	30.24	28.09	29.15	31.31	29.01	32.26	28.75	28.89	31.43	32.39	29.67	7.71	7.71	7.73	7.85	234.20	0.06	5.62	0.00	
36	7/19/2023	12:38:04	31.60	30.32	27.97	29.17	31.32	29.03	32.38	28.68	28.92	31.53	32.55	29.76	7.68	7.68	7.69	7.82	234.20	0.06	5.62	0.00	

Figura 8.1: Registro de datos del día 19 de julio.

En la imagen se observa una tabla de datos ordenada por fecha y hora. Los valores se han tomado cada minuto. La imagen está incompleta y los datos no son representativos de un ensayo completo.

Otra forma útil de visualizar el registro de datos es con gráficas. En las figuras 8.2 y 8.3 se exponen datos relativos a un ensayo de calentamiento. Los datos con los que se han confeccionado las gráficas, además del valor tomado por el resto de las variables, se encuentran en el anexo A.3.



Figura 8.2: Curva de calentamiento en la parte baja del depósito.

Esta curva representa la evolución de la variable “T_DBa”, esto es la evolución en la temperatura baja del depósito, a lo largo de un ensayo de calentamiento. El ensayo se realizó entre las 13:15 y las 18:45. El objetivo del ensayo era calentar el agua del depósito desde temperatura ambiente hasta 65°C, esto se consigue aproximadamente a las 18:10, es decir, se ha tardado 5 horas en calentar el agua desde 22°C hasta 65°C. En la figura 8.3 se enseña cómo ha sido el consumo de la aerotermia y del compresor durante el ensayo.

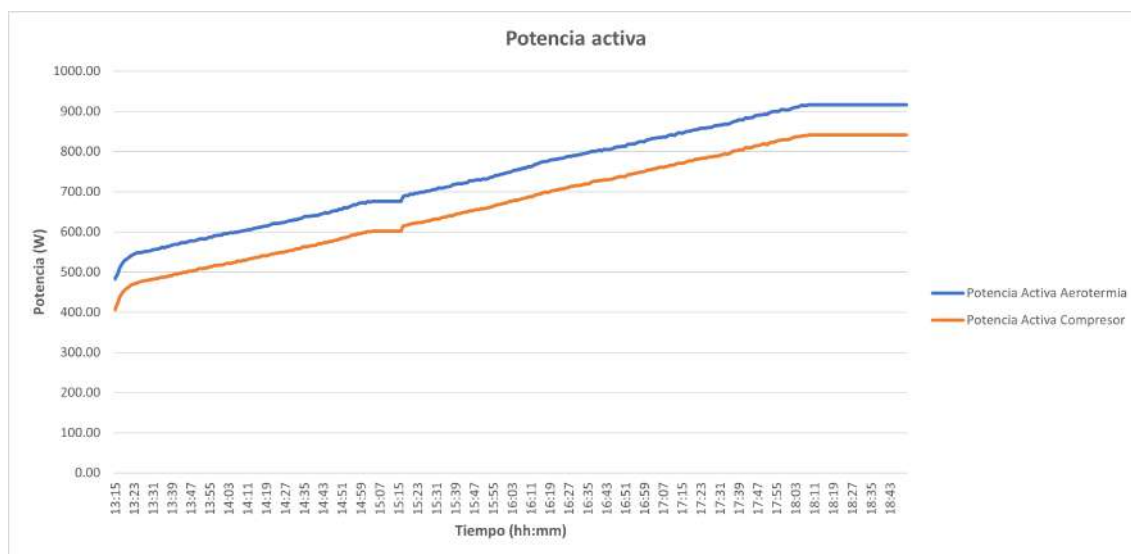


Figura 8.3: Potencia activa en la aerotermia y en el compresor.

El consumo inicial de la aerotermia es aproximadamente 480 W, mientras que el consumo del compresor es aproximadamente 400 W, alrededor de un 83 % del consumo total. Ambos valores evolucionan al mismo ritmo hasta llegar a 915 W el consumo de la aerotermia y 840 W el consumo del compresor, esto es aproximadamente el 92 % del consumo total. Este punto máximo se alcanza a las 18:10, que coincide con el momento en el que se alcanzó la temperatura de consigna en el depósito.

A partir de aquí ocurre algo interesante, según el registro de datos el valor en los consumos se mantiene constante. Lo que realmente ha ocurrido es que al llegar a los 65°C se ha dado por concluido el ensayo y se ha desconectado la aerotermia. Los vatímetros funcionan con la misma energía que alimenta a la aerotermia y al compresor, en el momento en el compresor llega a la temperatura de consigna se apaga y deja de mandar datos al PLC. Igual ocurre cuando se desconecta la aerotermia, como en este caso, que los dos vatímetros dejaron de mandar información al PLC. El registro sigue funcionando, y en cada ciclo el PLC intenta comunicarse con los vatímetros. Al estar apagados, el PLC no recibe respuesta, no se actualizan los datos medidos por los vatímetros y el programa vuelve a registrar en su lugar los datos previos al apagado de los vatímetros. Esto ocurre en cada ciclo de funcionamiento del registro hasta que vuelve a funcionar el compresor o la aerotermia, o incluso hasta que termine el registro.

8.2. Demostración del funcionamiento de la monitorización

Una vez se ha cargado el programa en el PLC, si lo conectamos, la primera pantalla que observaremos es el menú principal, como ofrece la figura 8.4.

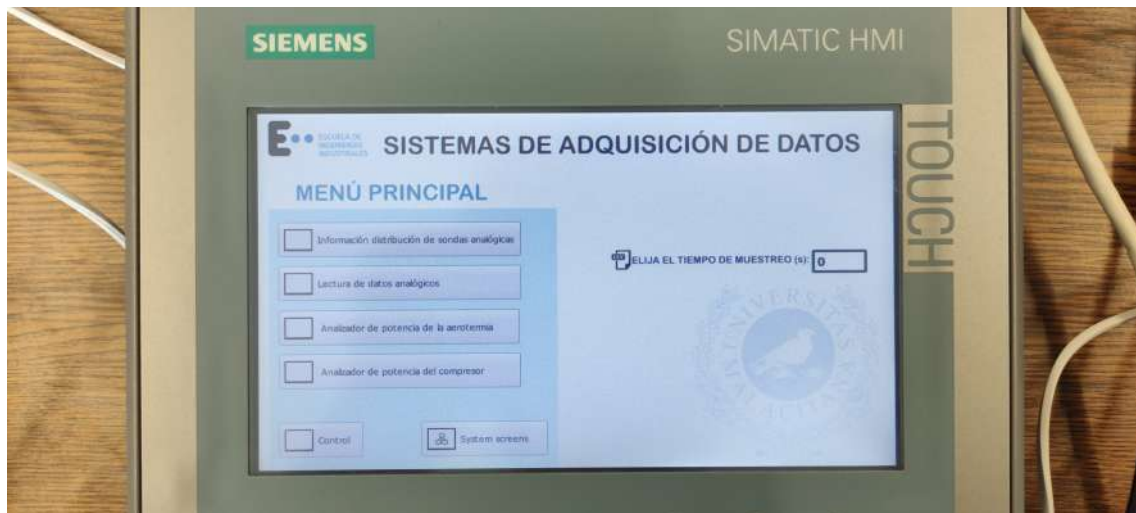


Figura 8.4: Menú principal.

En esta pantalla se nos ofrecen múltiples opciones, por ejemplo, la opción de cambiar el tiempo de muestreo. Si pulsamos el recuadro se abrirá un teclado que permitirá cambiar el tiempo de muestro, que en su defecto es de un minuto.

A continuación, decidimos pulsar el botón “Información distribución de sondas analógicas”. Se abre la pantalla representada en la figura 8.5 con información sobre las sondas y las válvulas. En esta pantalla vemos las sondas de temperatura en color verde y las sondas de presión en color naranja, cada una de ellas tiene un cartel a su lado con el nombre de la sonda analógica.

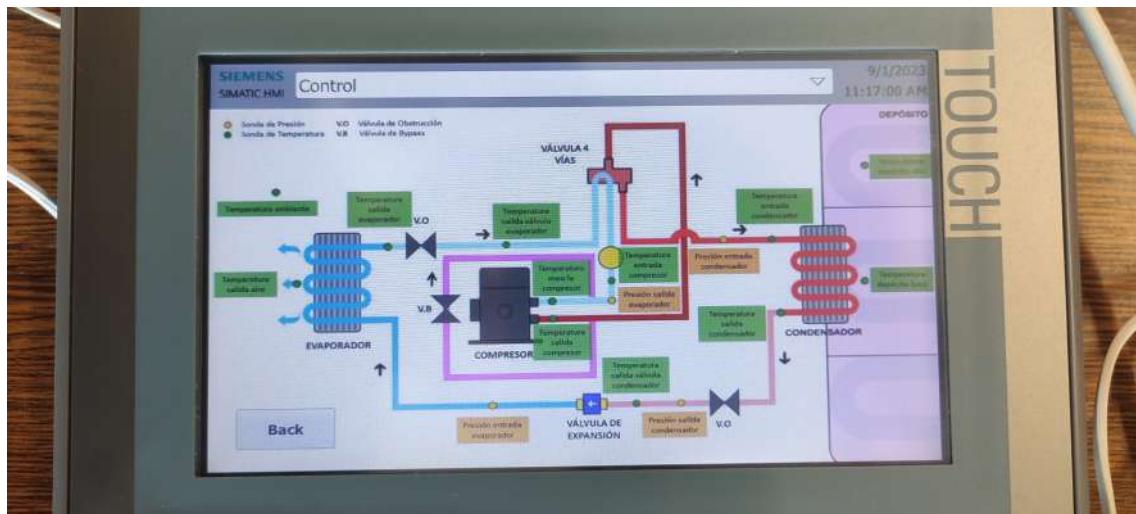


Figura 8.5: Información distribución de sondas analógicas.

Abajo a la izquierda hay un botón que dice “Back”, lo pulsamos y volvemos al menú principal. En esta ocasión se pulsa el siguiente de los posibles menús, “Lectura de datos analógicos” (figura 8.6). Este menú está hecho sobre el mismo diagrama que el anterior, un diagrama de los elementos principales de la aeroterminia con sondas de temperatura y presión en las ubicaciones que se han deseado estudiar. En este caso, las sondas de presión y temperatura tienen a su lado un pequeño monitor que permite la visualización en tiempo real del valor medido.

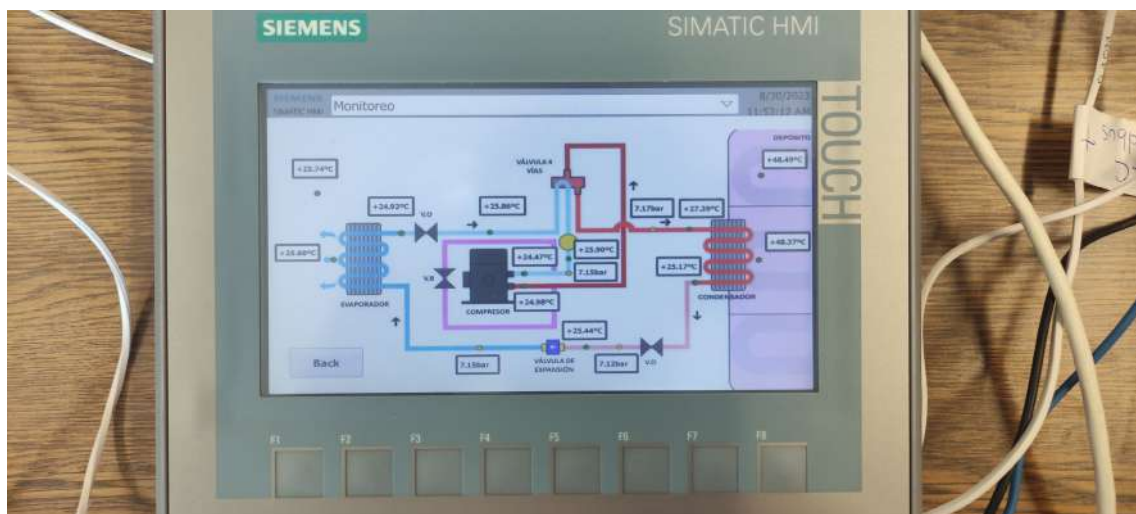


Figura 8.6: Lectura de datos analógicos.

No solo eso, además si decidimos pulsar en uno de estos monitores, por ejemplo, el monitor de presión que aparece a la salida del compresor, se abrirá una nueva pestaña (figura 8.7). Esta pestaña contiene una gráfica, que evoluciona en directo. En estas gráficas se pueden visualizar la evolución de los distintos parámetros en los últimos cinco minutos.

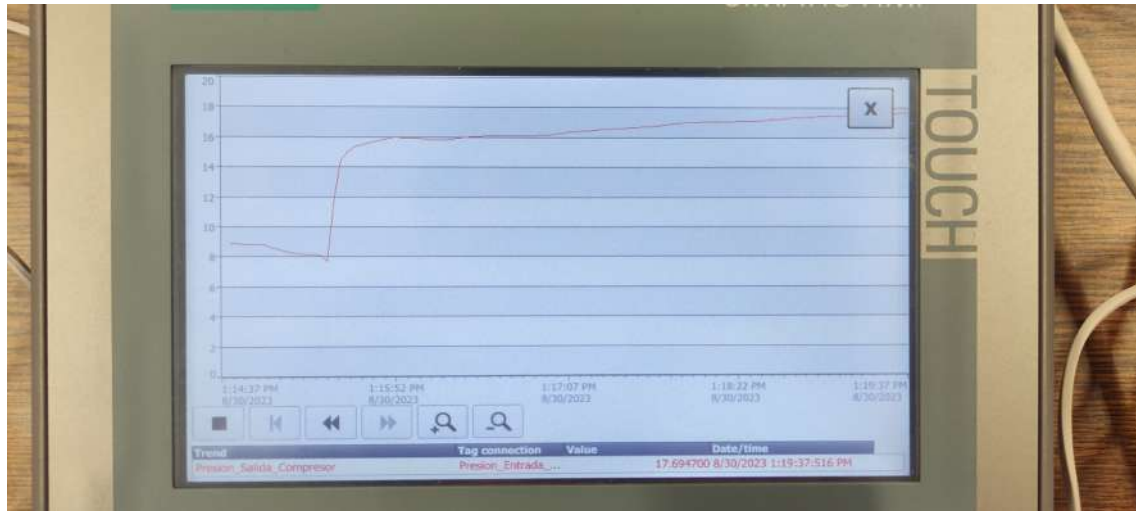


Figura 8.7: Presión de salida del compresor.

En el caso de la figura anterior, se visualiza la evolución de la presión de salida del compresor. En la gráfica se ve como el parámetro medido comienza alrededor de los 9 bares y desciende lentamente hacia 8 bares. Este intervalo representa el encendido de la aerotermia, antes de que comience a funcionar el compresor las presiones de alta y de baja están igualadas. En este punto se enciende el compresor, y la presión asciende rápidamente hasta unos 16 bares. Este otro intervalo marca el encendido del compresor, la presión de alta asciende rápidamente y la presión de baja desciende rápidamente. A partir de ahí la presión de alta se incrementa lentamente, acercándose al funcionamiento normal, donde el ascenso será aún menos acusado.

Pulsamos la cruz de arriba a la derecha y volvemos al menú "Lectura de datos analógicos", si quisiéramos podríamos hacer click en cualquiera de los demás monitores y obtendríamos el mismo resultado, se abriría una gráfica que mostraría la evolución del parámetro en los últimos 5 minutos. En este caso se vuelve al menú principal mediante el pulsador back. Aquí se decide comprobar el estado de los compresores, en primer lugar, viajamos al menú "Analizador de de Potencia Aerotermia", representado por la figura 8.8.



Figura 8.8: Analizador de de Potencia Aerotermia.

En este caso se visualizan los datos recogidos por el analizador en unos monitores. Estos son, voltaje, corriente, potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia. Como se hizo anteriormente, se pulsa en el monitor que permite la visualización de la potencia activa. Esto provoca que se abra una ventana. La ventana contiene un gráfico con la evolución de la potencia como refleja la figura 8.9.



Figura 8.9: Potencia activa de la aerotermia.

Si disminuimos el tamaño de la gráfica, esta pasa a representar un intervalo mayor, 10 minutos en el caso de la imagen. La primera parte de la gráfica la

aeroterminia ha estado apagada, y el valor de la potencia activa es cercano a 0. En el momento en el que se enciende la aeroterminia el parámetro sale disparado, llegando a alrededor de 600W. A partir de ahí la potencia asciende poco a poco.

En este punto pulsamos la “X” y volvemos al menú “Analizador de la aeroterminia”, pulsamos “Back” y estamos de vuelta en el menú principal. Solo falta por visitar el menú “Analizador de Potencia Compresor”. Una vez pulsado su correspondiente botón, aparece la ventana de la figura 8.10.



Figura 8.10: Analizador de de Potencia Compresor.

En poco se diferencia esta pantalla de “Analizador de la aeroterminia”, en este caso al lado de la imagen del vatímetro se encuentra una del compresor de la aeroterminia. Por lo demás, encontramos los mismos monitores que permiten la visualización en tiempo real de los parámetros. Los parámetros que varían significativamente respecto a los vistos en la aeroterminia son, la intensidad, y a causa de esta, potencia activa. Cuando pulsamos el monitor de la potencia activa, al igual que en el caso anterior, se abre la ventana de la figura 8.11. Aquí se observa la evolución de la potencia activa medida en el compresor. De forma parecida al comportamiento de la potencia activa en el vatímetro, en el momento del encendido el consumo asciende rápidamente a 500W y aumenta progresivamente.

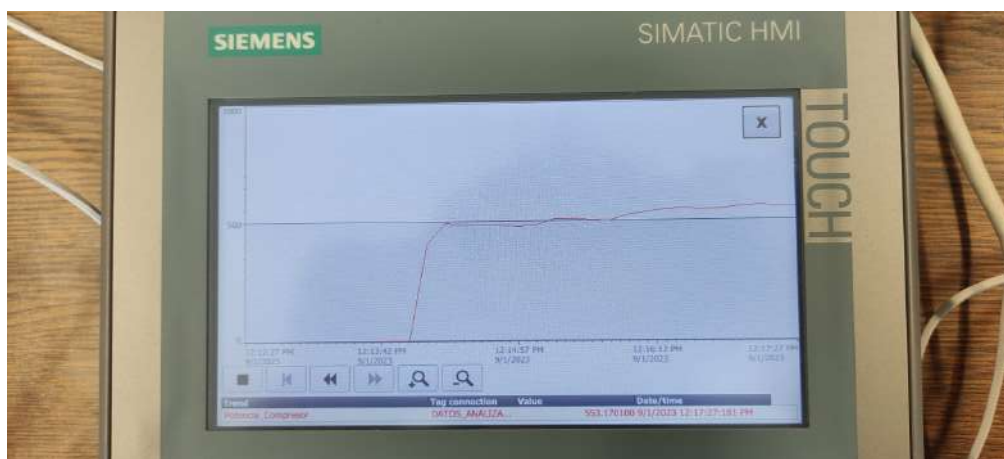


Figura 8.11: Potencia activa del compresor.

Capítulo 9

Conclusiones y trabajos futuros

9.1. Conclusiones

En el proceso de mejora y expansión del sistema de monitorización y adquisición de datos, se lograron avances significativos en cada uno de los objetivos establecidos. A través de la incorporación de sondas de presión y temperatura, la conexión de un vatímetro mediante el protocolo Modbus RTU y el desarrollo del software de adquisición y registro de datos, se generaron resultados que han enriquecido la capacidad de análisis y supervisión del sistema de aerotermia. Las siguientes conclusiones resumen los logros obtenidos en cada uno de estos objetivos:

- La integración exitosa de sondas de presión y temperatura en el sistema de monitorización. La conexión de las sondas con el PLC garantiza una adquisición de datos precisa y en tiempo real, lo que proporcionó información esencial para el análisis del comportamiento del sistema en diferentes condiciones operativas.
- La implementación de la comunicación entre el PLC y el vatímetro a través del protocolo Modbus RTU brinda la capacidad de medir y registrar datos relacionados con el consumo de energía. Esta nueva conexión permite obtener información valiosa sobre la potencia eléctrica consumida por el compresor y el resto de los componentes eléctricos. Lo que contribuye a una comprensión más completa de la eficiencia energética del sistema de aerotermia.
- El desarrollo del software para la adquisición y el registro de datos resulta esencial para la gestión eficaz de las mediciones provenientes de los sen-

sores y dispositivos conectados al PLC. La programación de funciones de lectura, almacenamiento y visualización de datos permite una gestión automatizada de la información, facilitando el análisis y la toma de decisiones informadas.

En conjunto, estos logros representan un avance significativo en la capacidad de monitorización y análisis del sistema de aerotermia. La incorporación de nuevos sensores, la comunicación efectiva y el desarrollo del software de registro de datos han sentado las bases para una evaluación más completa y precisa del sistema, abriendo oportunidades para futuras optimizaciones y mejoras en la eficiencia energética del sistema.

9.2. Trabajos futuros

- Precisión de las sondas de temperatura:

Se ha observado que debido al uso continuado de la aerotermia el contacto de las sondas de temperatura con los conductos puede verse afectado por las vibraciones y las temperaturas a las que están expuestas. Esta situación podría llevar a una disminución en la precisión de las mediciones. Para abordar este problema, se sugiere investigar y mejorar el método de instalación de las sondas. Esto podría implicar la incorporación de sistemas de sujeción más resistentes o de amortiguadores que reduzcan la transmisión de vibraciones.

- Integración del caudalímetro y su conexión Modbus RTU:

La integración del caudalímetro se ha visto obstaculizada por un dispositivo defectuoso. Para abordar este problema, se está en proceso de búsqueda de alternativas con el fabricante. Una vez solucionado este inconveniente, se puede considerar conectar el caudalímetro mediante el protocolo Modbus RTU, similar a otros sensores, para unificar el registro de datos.

Dado que los ensayos suelen extenderse durante varias horas y la presencia constante en el laboratorio no siempre es factible, se plantean diferentes propuestas para trabajos futuros en este ámbito. Estas mejoras en conjunto podrían llevar a la utilización completa y telemática de la máquina, lo que aumentaría la versatilidad del sistema:

- Mejora de la monitorización:

Se plantea una forma de monitorización remota. Una solución viable podría ser la visualización de los datos y las pantallas en tiempo real a través de dispositivos móviles, permitiendo al usuario monitorizar los ensayos desde cualquier ubicación [22].

- Implementación de una base de datos con MySQL:

Para una gestión más eficiente de los datos recolectados, se propone la creación de una base de datos utilizando MySQL. Esta mejora permitiría un mayor almacenamiento de datos, así como el acceso y análisis avanzado a través de software externos como Python. Además, la opción de acceso online a la base de datos mejoraría la accesibilidad [23].

- Sistema de control telemático:

Una de las mejoras más significativas podría ser la implementación de un sistema de control sobre la aerotermia. Esto, junto a las mejoras de monitorización permitiría iniciar o detener la máquina mediante el software del PLC a distancia.

La identificación de estas áreas de mejora ofrece oportunidades para futuros trabajos en la optimización del sistema de monitorización y adquisición de datos de la aerotermia. La implementación de estas soluciones propuestas contribuirá a un sistema más robusto, eficiente y flexible en sus capacidades de control y supervisión.

Apéndice A

Anexos

A.1. Cambio ID Modbus analizador de potencia

La identidad de los dispositivos en la red Modbus (ID Modbus), igual que los parámetros de comunicación como el ratio de comunicación (baud rate) son determinantes para la correcta comunicación en la red Modbus. Los dispositivos, usualmente tienen como valor predeterminado de identidad “1”, y puesto que todos deben tener una identidad diferente muchas veces se hace necesario cambiarla. También, es crucial que los dispositivos se comuniquen con el mismo baud rate, y es posible que partan de valores predeterminados distintos.

Este cambio de ID Modbus, así como el cambio en el baud rate, dependiendo del dispositivo, puede complicarse un poco más. Existen vatímetros y otros dispositivos que en su propia interfaz física tienen la posibilidad de cambiar la ID Modbus. Otros, como es el caso del caudalímetro, tienen un software propio creado por el fabricante con la posibilidad de cambiar los parámetros de comunicación de forma sencilla. Existe un método que funciona para todos los dispositivos y es la escritura directa en la dirección Modbus del dispositivo.

En el caso que nos ocupa, ha sido necesario alterar la ID de al menos un vatímetro, puesto que ambos tenían la inicial igual a 1. Aun así, se ha alterado la identidad de los dos a “2” y “3”, para facilitar en una futura ampliación de un dispositivo con identidad predeterminada igual a 1.

El proceso, si bien es cierto, un poco más complicado, es sencillo. Se necesita conocer la dirección de memoria donde se almacenan la ID Modbus y escribir sobre ellas la nueva identidad deseada. Esta información se encuentra en el mapa de memoria [14]. Se expone un ejemplo en la figura A.1.



La Velocidad se codifica con los siguientes valores:

- 1 = 9600 baudios
- 2 = 4800 baudios
- 3 = 2400 baudios
- 4 = 1200 baudios

La identidad y la velocidad se leen y graban juntas. Ej. para grabar la ID = 25, y velocidad 9600 hay que escribir en el registro con dirección 0021 el valor 0x1901.

La identidad 0 es la global. Todos los equipos responden cuando se les interroga con ésta identidad. No usar esta identidad cuando los equipos estén montados todos juntos en una red. Solo se ha de usar cuando solo existe un solo equipo conectado.

Figura A.1: Ejemplo del mapa de memoria del dispositivo M2DL2.

En el mapa se especifica también que el registro que guarda la identidad del aparato, guarda también la velocidad de la comunicación. Es necesario entonces escribir ambos simultáneamente, para uno de los vatímetros se escribirá ID=2 y para el otro ID=3, en ambos casos la velocidad es 9600 baudios. También se especifica en el mapa de memoria que la velocidad 9600 baudios se codifica como 1, entonces habrá que escribir velocidad=1.

- Dirección: 0021 + 40001 = 40022.
- Función escritura: comando 16.

El formato de escritura es tipo Word y se escribe en hexadecimal, se tiene entonces:

- ID=2, baud rate=1: 16#0201.
- ID=3, baud rate=1: 16#0301.

La escritura se hace desde un bloque de datos que contiene un valor tipo Word. En nuestro caso el registro se llama DATA_WRITE al como expresa la figura A.2. En este ejemplo se ha cambiado la identidad de uno de ellos a 2, habría que repetirlo para el otro vatímetro cambiándole la identidad a 3.

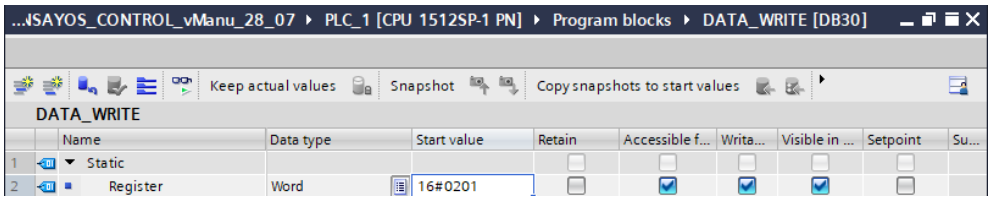


Figura A.2: Bloque de memoria DATA_WRITE.

Por último, se modifica el bloque Modbus Master. El bloque funcionará una sola vez, cambiando el parámetro “MB_ADDR” de 1 a 2. Es importante que este proceso se haga con solo uno de los vatímetros conectados, puesto que en un inicio ambos tendrán la misma dirección modbus (MB_ADDR=1), haciendo imposible la comunicación. El bloque quedaría como en la figura A.3.

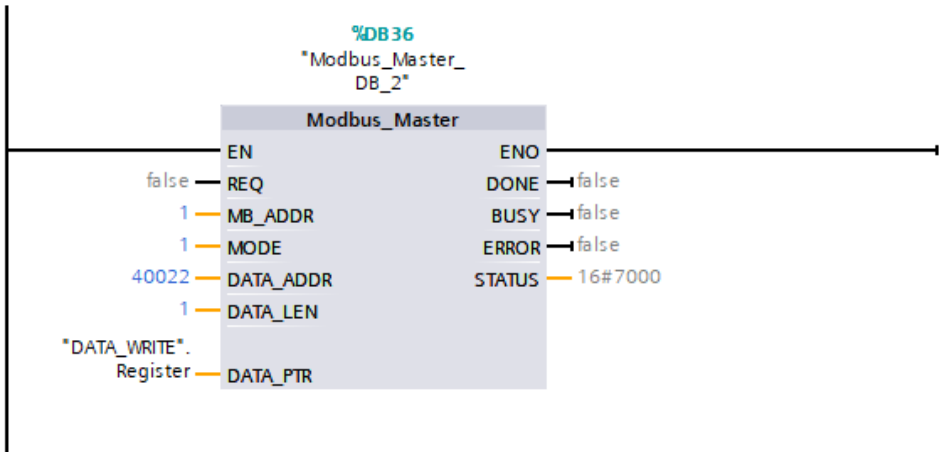


Figura A.3: Bloque Modbus Master.

A.2. Mediciones del caudalímetro

En este apartado se recogen tablas que reflejan datos obtenidos por el caudalímetro. Estos fueron recogidos en el momento de encendido del PLC. Ilustran, además de los parámetros que mide el caudalímetro (caudal másico, caudal volumétrico, etc), la capacidad del sistema de medición para tomar medidas separadas por intervalos de tiempo muy pequeños (0,1 segundos).

	A	B	C	D	E	F
1	Time	Caudal másico_kg_h	Densidad_kg_m3	Temperatura_C	Caudal volumétrico_L_h	Flujo másico total_g
2	2023-07-27T10:45:52.389	0.009	1150	37.6	0.0078	1707988
3	2023-07-27T10:45:52.498	0.0041	1150	37.63	0.0035	1707988
4	2023-07-27T10:45:52.611	0.0042	1150	37.63	0.0037	1707988
5	2023-07-27T10:45:52.705	0.0088	1150	37.61	0.0076	1707988
6	2023-07-27T10:45:52.799	0.0134	1150	37.61	0.0117	1707988
7	2023-07-27T10:45:52.892	0.0146	1150	37.61	0.0127	1707988
8	2023-07-27T10:45:52.986	0.0164	1150	37.6	0.0143	1707988
9	2023-07-27T10:45:53.078	0.0211	1150	37.63	0.0183	1707988
10	2023-07-27T10:45:53.194	0.0209	1150	37.62	0.0182	1707988
11	2023-07-27T10:45:53.284	0.0207	1150	37.64	0.018	1707988
12	2023-07-27T10:45:53.376	0.0228	1150	37.61	0.0198	1707988
13	2023-07-27T10:45:53.475	0.0328	1150	37.58	0.0286	1707988
14	2023-07-27T10:45:53.570	0.0267	1150	37.58	0.0232	1707988
15	2023-07-27T10:45:53.680	0.0236	1150	37.57	0.0205	1707988
16	2023-07-27T10:45:53.774	0.0244	1150	37.57	0.0212	1707988
17	2023-07-27T10:45:53.869	0.0233	1150	37.56	0.0202	1707988
18	2023-07-27T10:45:53.966	0.025	1150	37.58	0.0217	1707988
19	2023-07-27T10:45:54.054	0.0277	1150	37.6	0.0241	1707988
20	2023-07-27T10:45:54.164	0.0294	1150	37.59	0.0256	1707988
21	2023-07-27T10:45:54.258	0.0272	1150	37.57	0.0237	1707988

	A	B	C	D	E	F
21	2023-07-27T10:45:54.258	0.0272	1150	37.57	0.0237	1707988
22	2023-07-27T10:45:54.352	0.0258	1150	37.57	0.0224	1707988
23	2023-07-27T10:45:54.445	0.0276	1150	37.57	0.024	1707988
24	2023-07-27T10:45:54.538	0.0289	1150	37.61	0.0252	1707988
25	2023-07-27T10:45:54.651	0.0248	1150	37.61	0.0216	1707988
26	2023-07-27T10:45:54.749	0.0318	1150	37.61	0.0276	1707988
27	2023-07-27T10:45:54.837	0.0375	1150	37.62	0.0327	1707988
28	2023-07-27T10:45:54.946	0.0408	1150	37.6	0.0354	1707988
29	2023-07-27T10:45:55.038	0.0361	1150	37.62	0.0314	1707988
30	2023-07-27T10:45:55.151	0.0356	1150	37.61	0.031	1707988
31	2023-07-27T10:45:55.243	0.0379	1150	37.63	0.0329	1707988
32	2023-07-27T10:45:55.336	0.0396	1150	37.61	0.0345	1707988
33	2023-07-27T10:45:55.445	0.0429	1150	37.58	0.0373	1707988
34	2023-07-27T10:45:55.539	0.0375	1150	37.58	0.0326	1707988
35	2023-07-27T10:45:55.651	0.0311	1150	37.57	0.027	1707988
36	2023-07-27T10:45:55.744	0.0283	1150	37.6	0.0246	1707988
37	2023-07-27T10:45:55.841	0.0332	1150	37.6	0.0289	1707988
38	2023-07-27T10:45:55.932	0.0306	1150	37.58	0.0266	1707988
39	2023-07-27T10:45:56.023	0.0271	1150	37.59	0.0236	1707988
40	2023-07-27T10:45:56.134	0.0316	1150	37.57	0.0275	1707988
41	2023-07-27T10:45:56.227	0.0338	1150	37.57	0.0294	1707988

	A	B	C	D	E	F
21	2023-07-27T10:45:54.258	0.0272	1150	37.57	0.0237	1707988
22	2023-07-27T10:45:54.352	0.0258	1150	37.57	0.0224	1707988
23	2023-07-27T10:45:54.445	0.0276	1150	37.57	0.024	1707988
24	2023-07-27T10:45:54.538	0.0289	1150	37.61	0.0252	1707988
25	2023-07-27T10:45:54.651	0.0248	1150	37.61	0.0216	1707988
26	2023-07-27T10:45:54.749	0.0318	1150	37.61	0.0276	1707988
27	2023-07-27T10:45:54.837	0.0375	1150	37.62	0.0327	1707988
28	2023-07-27T10:45:54.946	0.0408	1150	37.6	0.0354	1707988
29	2023-07-27T10:45:55.038	0.0361	1150	37.62	0.0314	1707988
30	2023-07-27T10:45:55.151	0.0356	1150	37.61	0.031	1707988
31	2023-07-27T10:45:55.243	0.0379	1150	37.63	0.0329	1707988
32	2023-07-27T10:45:55.336	0.0396	1150	37.61	0.0345	1707988
33	2023-07-27T10:45:55.445	0.0429	1150	37.58	0.0373	1707988
34	2023-07-27T10:45:55.539	0.0375	1150	37.58	0.0326	1707988
35	2023-07-27T10:45:55.651	0.0311	1150	37.57	0.027	1707988
36	2023-07-27T10:45:55.744	0.0283	1150	37.6	0.0246	1707988
37	2023-07-27T10:45:55.841	0.0332	1150	37.6	0.0289	1707988
38	2023-07-27T10:45:55.932	0.0306	1150	37.58	0.0266	1707988
39	2023-07-27T10:45:56.023	0.0271	1150	37.59	0.0236	1707988
40	2023-07-27T10:45:56.134	0.0316	1150	37.57	0.0275	1707988
41	2023-07-27T10:45:56.227	0.0338	1150	37.57	0.0294	1707988

A.3. Mediciones en un ensayo de calentamiento por el PLC

En este apartado se muestran datos representativos de un ensayo de calentamiento. En estas tablas se muestran los datos recogidos por el PLC, estos son temperaturas, presiones, y los datos recogidos por los analizadores de potencia.

Siglo	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	X	Y	Z	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1	176/0203	1E-03	1.2759	1.2759	2.2311	39.65	2.58	2.61	2.73	22.3	24.93	36.75	32.09	25.49	25.95	27.38	7.73	7.71	7.75	7.68	7.65	7.55	7.44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	
53	7/19/2023	12:55	315	30.59	24.98	28.07	31.46	23.98	32.76	25.78	28.56	32.99	32.39	30.26	7.25	7.25	7.25	7.25	7.35	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	
54	7/19/2023	12:56	3152	30.67	24.85	28.88	31.5	23.43	32.68	25.47	28.47	33.01	32.48	30.26	7.22	7.23	7.25	7.33	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	0	
55	7/19/2023	12:57	3152	30.77	24.75	28.32	31.51	23.41	32.75	25.47	28.51	33.03	32.33	30.26	7.2	7.2	7.23	7.33	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	0	
56	7/19/2023	12:58	3153	30.79	24.55	28.96	31.52	23.44	32.67	25.36	28.42	33.01	32.07	30.31	7.17	7.17	7.27	7.24	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	0	
57	7/19/2023	12:59	3146	30.81	24.36	28.25	31.46	23.41	32.63	25.21	28.37	32.97	32.75	30.33	7.15	7.17	7.24	7.24	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	0	
58	7/19/2023	13:00	3149	30.3	24.22	28.65	31.45	23.37	32.62	25.04	28.31	32.93	32.44	30.33	7.12	7.12	7.14	7.21	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	0	
59	7/19/2023	13:01	3146	30.34	24.1	28.57	31.46	23.36	32.65	24.98	28.32	32.94	32.34	30.34	7.15	7.16	7.18	7.28	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	0	0
60	7/19/2023	13:02	3147	30.34	23.94	28.87	31.45	23.32	32.61	24.85	28.22	33.03	32.34	30.38	7.12	7.16	7.16	7.28	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	0	0
61	7/19/2023	13:03	3139	30.97	23.75	27.98	31.45	23.32	32.61	24.67	28.22	33.03	32.34	30.38	7.03	7.04	7.06	7.12	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	0	0
62	7/19/2023	13:04	3138	30.98	23.58	28.38	31.41	23.27	32.62	24.6	28.15	33.07	32.34	30.42	7.01	7.02	7.03	7.09	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	0	0
63	7/19/2023	13:05	3143	31.01	23.44	27.99	31.49	23.26	32.69	24.46	28.13	33.16	32.47	30.46	6.98	6.99	7	7.06	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	0	0
64	7/19/2023	13:06	3141	31.04	23.28	28.22	31.49	23.22	32.68	24.3	28	33.12	32.3	30.43	6.95	6.96	6.97	7.03	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	0	0
65	7/19/2023	13:07	3138	31.07	23.16	28.57	31.52	23.21	32.68	24.22	27.94	33.12	32.34	30.46	6.92	6.93	6.95	7.02	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	0	0
66	7/19/2023	13:08	3139	31.12	23.1	28.57	31.53	23.18	32.75	27.92	27.92	33.15	32.45	30.47	6.9	6.91	6.92	6.97	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	0	0
67	7/19/2023	13:09	3138	31.15	22.93	28.27	31.53	23.18	32.63	27.67	27.67	33.18	32.45	30.48	6.86	6.89	6.9	6.95	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	0	0
68	7/19/2023	13:10	3138	31.15	22.75	28.13	31.53	23.18	32.63	27.47	27.47	33.18	32.45	30.48	6.86	6.89	6.9	6.95	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	0	0
69	7/19/2023	13:11	3129	31.13	22.71	28.62	31.57	23.1	32.68	27.31	27.31	33.06	32.45	30.6	6.84	6.86	6.86	6.9	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	0	0
70	7/19/2023	13:12	313	31.16	22.61	28.96	31.5	23.02	32.62	27.13	27.13	33.03	32.45	30.63	6.82	6.83	6.84	6.88	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	0	0
71	7/19/2023	13:13	3134	31.2	22.52	28.96	31.54	23.02	30.36	23.2	27.75	32.9	32.04	30.63	6.85	6.86	6.87	6.92	22.42	0.06	3.62	8	0.27	50.01	0	0	0	0	0	0	0	0
72	7/19/2023	13:14	28.96	31.63	22.44	30.48	23.99	28.7	26.75	22.94	25.72	23.83	31.92	31.27	3.16	8.38	7.14	2.3	22.27	2.05	443.3	-72	0.97	43.97	222.9	1.72	370.35	-54	0.97	43.97	43.97	43.97
73	7/19/2023	13:15	23.9	34.32	22.35	28.38	30.56	26.03	23.08	27.63	27.77	31.68	32.96	31.44	3.54	9.54	7.87	2.47	22.27	2.22	463.32	-67	0.98	43.99	223.1	1.87	406.35	-51	0.97	43.99	43.99	
74	7/19/2023	13:16	30.35	36.49	22.47	23.43	30.58	27.57	22.46	23.04	30.44	28.44	31.6	34.04	5.42	10.74	9.03	4.82	4.16	22.3	2.26	494.4	-67	0.98	43.97	223.2	1.93	427.3	-49	0.98	43.97	43.97
75	7/19/2023	13:17	30.46	36.83	22.64	28.77	30.1	23.19	20.87	23.43	31.97	23.58	31.7	34.55	5.53	10.74	9.03	4.82	4.16	22.3	2.33	511.1	-66	0.98	43.98	223.5	2	428.51	-47	0.98	43.98	43.98
76	7/19/2023	13:18	30.13	40.68	22.8	28.58	23.3	30.1	20.87	23.43	31.97	23.58	31.7	34.55	5.54	10.38	9.3	4.54	4.54	22.34	2.37	520.35	-66	0.98	43.98	223.6	2.07	454.68	-46	0.98	43.98	43.98
77	7/19/2023	13:19	30.13	40.68	22.8	28.58	23.3	30.1	20.87	23.43	31.97	23.58	31.7	34.55	5.54	10.38	9.3	4.54	4.54	22.34	2.42	530.35	-64	0.99	43.99	223.9	2.09	464.04	-46	0.98	43.99	43.99
78	7/19/2023	13:20	23.8	44.3	23.22	27.55	23.3	31.25	18.72	23.78	34.26	30.98	30.87	37.63	5.72	11.23	9.59	4.74	22.36	2.42	539.3	-64	0.99	43.99	223.9	2.1	464.04	-45	0.98	43.99	43.99	
79	7/19/2023	13:21	23.44	45.72	23.47	27.07	28.84	31.57	18.66	24.06	34.57	31.1	30.86	38.47	5.83	11.38	9.68	4.81	22.33	2.44	537.22	-64	0.99	43.99	223.9	2.11	464.04	-44	0.98	43.99	43.99	
80	7/19/2023	13:22	23.11	46.98	23.8	26.65	28.84	31.77	13.39	24.27	34.82	31.28	30.72	33.06	5.87	11.45	9.69	4.85	22.33	2.45	541.42	-62	0.99	43.97	224.1	2.12	467.37	-44	0.99	43.97	43.97	
81	7/19/2023	13:23	28.86	48.07	24.03	25.66	28.39	31.96	13.25	24.49	34.88	31.37	30.48	33.62	5.91	11.51	9.76	4.87	22.34	2.46	547.66	-62	0.99	43.99	223.9	2.13	469.75	-44	0.99	43.97	43.97	
82	7/19/2023	13:24	28.61	48.87	24.24	25.7	28.15	32.07	13.16	24.64	34.98	31.54	30.49	33.93	5.91	11.56	9.78	4.87	22.37	2.46	547.66	-62	0.99	43.99	223.9	2.14	471.96	-44	0.99	43.98	43.98	
83	7/19/2023	13:25	28.55	49.57	24.35	25.52	28.03	32.25	13.19	24.82	35.03	31.59	30.49	34.04	5.94	11.66	9.85	4.88	22.34	2.49	548.48	-63	0.99	50.01	223.7	2.16	476.36	-45	0.98	43.98	50.01	
84	7/19/2023	13:26	28.37	50.08	24.72	25.32	27.91	32.34	13.13	24.97	35.03	30.36	30.36	34.04	5.94	11.66	9.85	4.88	22.34	2.49	548.48	-63	0.99	50.01	223.6	2.16	476.36	-45	0.98	43.98	50.01	
85	7/19/2023	13:27	28.37	50.08	24.72	25.32	27.91	32.34	13.13	24.97	35.03	30.36	30.36	34.04	5.94	11.66	9.85	4.88	22.34	2.49	548.48	-63	0.99	50.01	223.6	2.16	476.36	-45	0.98	43.98	50.01	
86	7/19/2023	13:28	28.19	50.18	24.43	25.32	27.77	32.35	13.13	25.32	35.14	31.78	30.7	40.86	6.03	11.77	9.96	4.93	22.33	2.51	552.27	-62	0.99	43.97	223.5	2.18	479.78	-44	0.99	43.97	43.97	
87	7/19/2023	13:29	28.09	50.98	25.39	24.83	27.77	32.68	13.07	25.42	35.32	31.69	30.7	40.83	5.98	11.81	10.03	4.93	22.33	2.51	552.27	-62	0.99	43.98	223.4	2.18	479.78	-44	0.99	43.98	43.98	
88	7/19/2023	13:30	27.98	51.19	25.55	24.82	27.63	32.72	13.02	25.68	35.34	31.94	30.23	40.95	6	11.84	10.03	4.93	22.33	2.52	552.7	-62	0.99	50.01	223.3	2.19	481.69	-45	0.99	50.01	50.01	
89	7/19/2023	13:31	27.95	51.34	25.61	24.53	27.62	32.81	13.04	25.82	35.32	32.03	30.23	40.95	6.03	11.84	10.03	4.94	22.33	2.52	555.4	-61	0.99	50.01	223.5	2.19	482.12	-45	0.99	50.01	50.01	
90	7/19/2023	13:32	27.87	51.44	25.94	24.61	27.5	32.97	13.05	25.88	35.45	32.06	30.18	41.16	6	11.91	10.1	4.93	22.33	2.53	557.11	-62	0.99	43.98	223.3	2.2	483.69	-43	0.99	43.98	43.98	
91	7/19/2023	13:33	27.87	51.61	26.36	23.87	27.49	33.05	13	26.14	35.44	32.17	30.07	41.16	6	11.91	10.12	4.93	22.33	2.53	557.11	-62	0.99	43.98	223.5	2.2	484.32	-44	0.99	43.98	43.98	
92	7/19/2023	13:34	27.63	51.69	26.3	24.04	27.48	33.13	18.59	26.33	35.45	32.24	30.01	41.31	6	11.95	10.11	4.93	22.33	2.54	559.16	-62	0.99	43.98	223.5	2.21	486.53	-44	0.99	43.99	43.99	
93	7/19/2023	13:35	27.75																													

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE
106	719/2023	13.48	27.57	52.68	28.69	23.95	27.11	34.73	18.86	28.69	56.82	33.5	30.04	41.79	6.66	12.44	10.62	4.97	224.7	2.6	578.24	-58	49.39	50	225.4	2.27	503.6	-41	0.99	49.39
107	719/2023	13.49	27.52	52.68	28.9	23.6	27.2	34.83	18.92	28.87	56.84	33.56	30.12	41.94	6.68	12.49	10.67	4.96	225.1	2.6	578.24	-58	49.39	50	225.4	2.27	504.94	-40	0.99	50
108	719/2023	13.50	27.59	52.73	29.06	24.31	27.2	34.96	19.01	29.12	56.95	33.68	30.42	41.96	6.66	12.53	10.7	4.96	225.1	2.61	580.46	-59	49.39	50	225.5	2.28	506.94	-40	0.99	50
109	719/2023	13.51	27.75	52.89	29.22	24.28	27.41	35.11	19.11	29.21	56.95	33.66	30.35	42.02	6.25	12.57	10.75	4.96	225.1	2.62	582.68	-58	49.39	50	225.5	2.29	509.17	-39	0.99	50
110	719/2023	13.52	27.7	52.95	29.41	24.17	27.29	35.22	19.16	29.37	56.94	33.97	30.32	41.93	6.19	12.61	10.8	4.96	225	2.62	582.43	-57	49.39	50	225.3	2.29	508.71	-38	0.99	49.36
111	719/2023	13.54	27.67	53.02	29.59	24.17	27.19	35.42	19.06	29.52	56.96	34.06	30.03	42.04	6.2	12.61	10.85	4.96	224.6	2.62	581.91	-58	49.39	50	225.1	2.3	510.46	-40	0.99	49.39
112	719/2023	13.54	27.62	53.06	29.7	24.17	27.19	35.42	19.06	29.52	56.96	34.06	30.03	42.04	6.2	12.61	10.85	4.96	224.6	2.62	581.91	-58	49.39	50	225.1	2.3	510.46	-40	0.99	49.39
113	719/2023	13.54	27.62	53.06	29.7	24.17	27.19	35.42	19.06	29.52	56.96	34.06	30.03	42.04	6.2	12.61	10.85	4.96	224.6	2.62	581.91	-58	49.39	50	225.1	2.3	510.46	-40	0.99	49.39
114	719/2023	13.56	27.81	53.22	30.1	24.63	27.34	36.7	19.22	30.04	56.96	34.28	30.25	42.32	6.3	12.77	10.95	5	225.4	2.64	589.13	-58	49.39	50	225.4	2.31	513.58	-39	0.99	50.01
115	719/2023	13.57	27.72	53.28	30.25	24.95	27.26	36.83	19.25	30.21	56.96	34.41	30.44	42.22	6.21	12.81	10.96	5.03	225.3	2.65	590.48	-57	49.39	50	225.6	2.32	516.06	-39	0.99	50.01
116	719/2023	13.59	27.64	53.38	30.43	23.99	27.6	36.93	19.09	30.38	56.95	34.51	30.13	42.23	6.21	12.84	11.04	5.01	225.5	2.65	590.4	-57	49.39	50	225.9	2.32	516.75	-38	0.99	50
117	719/2023	13.59	27.64	53.38	30.43	23.99	27.6	36.93	19.09	30.38	56.95	34.51	30.13	42.23	6.21	12.84	11.04	5.01	225.5	2.65	590.4	-57	49.39	50	225.9	2.32	516.75	-38	0.99	50
118	719/2023	14.00	27.64	53.45	30.77	24.3	27.31	36.05	19.11	30.54	56.24	34.57	30.13	42.5	6.26	12.89	11.08	5	225.2	2.66	591.84	-59	49.39	50	225.3	2.33	517.6	-39	0.99	50.01
119	719/2023	14.01	27.73	53.57	30.92	24.17	27.21	36.13	19.14	30.71	56.21	34.62	30.19	42.2	6.28	12.91	11.2	5.02	225.5	2.67	595.46	-57	49.39	50	225.6	2.33	518.75	-38	0.99	50.01
120	719/2023	14.02	27.74	53.63	31.09	23.69	27.23	36.36	19.26	31.04	56.3	34.64	30.16	42.57	6.26	12.93	11.2	5.02	225.6	2.67	595.73	-56	49.39	50	225.6	2.34	521.97	-38	0.99	50
121	719/2023	14.03	27.72	53.71	31.45	24.31	27.26	36.64	19.36	31.3	56.41	34.68	30.16	42.57	6.26	12.93	11.2	5.02	225.6	2.67	595.73	-56	49.39	50	225.6	2.34	521.97	-38	0.99	50
122	719/2023	14.04	27.78	53.81	31.6	24.31	27.3	36.74	19.33	31.54	56.46	35.31	30.33	42.48	6.32	13.11	11.32	5.03	224.7	2.69	592.79	-57	49.39	50	224.9	2.36	523.66	-39	0.99	50.02
123	719/2023	14.05	27.78	53.86	31.6	24.4	27.27	36.87	19.3	31.76	56.46	35.31	30.33	42.57	6.31	13.15	11.34	5.04	224.4	2.7	598.22	-57	49.39	50	224.5	2.37	524.62	-39	0.99	49.99
124	719/2023	14.06	27.78	53.94	31.73	24.4	27.27	36.87	19.3	31.76	56.46	35.31	30.33	42.57	6.31	13.15	11.34	5.04	224.4	2.7	598.22	-57	49.39	50	224.5	2.37	524.62	-39	0.99	49.99
125	719/2023	14.07	27.82	54.04	31.91	24.39	27.36	36.99	19.3	31.82	56.53	35.36	30.38	42.71	6.37	13.19	11.38	5.04	224.2	2.7	598.95	-57	49.39	50	224.6	2.38	527.3	-39	0.99	49.97
126	719/2023	14.08	27.89	54.13	32.08	24.47	27.45	37.14	19.59	31.91	56.68	35.51	30.37	42.92	6.33	13.24	11.43	5.07	224.2	2.71	600.93	-56	49.39	50	224.4	2.38	527.3	-39	0.99	49.97
127	719/2023	14.09	28.03	54.24	32.26	24.47	27.46	37.31	19.59	32.12	56.71	35.64	30.64	42.96	6.4	13.32	11.47	5.08	224.1	2.72	602.65	-57	49.39	50	224.4	2.39	529.34	-37	0.99	49.96
128	719/2023	14.10	27.95	54.33	32.49	24.76	27.53	37.39	19.46	32.3	56.78	35.78	30.26	42.94	6.42	13.36	11.52	5.06	224.2	2.73	605.33	-56	49.39	50	224.4	2.4	531.56	-38	0.99	49.97
129	719/2023	14.11	27.95	54.46	32.64	24.37	27.43	37.51	19.46	32.54	56.78	35.78	30.26	42.94	6.42	13.36	11.52	5.06	224.2	2.73	605.33	-56	49.39	50	224.4	2.4	531.56	-38	0.99	49.97
130	719/2023	14.12	27.95	54.53	32.9	24.49	27.64	37.72	19.5	32.74	56.98	36.04	30.56	42.94	6.42	13.45	11.53	5.09	224.1	2.74	607.28	-55	49.39	50	224.3	2.41	533.54	-38	0.99	49.97
131	719/2023	14.13	28.09	54.63	32.9	24.49	27.64	37.72	19.5	32.74	56.98	36.04	30.56	42.94	6.42	13.45	11.53	5.09	224.1	2.74	607.28	-55	49.39	50	224.3	2.41	533.54	-38	0.99	49.97
132	719/2023	14.14	28.03	54.67	33.09	24.97	27.56	37.86	19.52	33	56.9	36.13	30.57	43.23	6.37	13.48	11.68	5.07	223.9	2.75	606.95	-56	49.39	50	224.2	2.42	535.51	-38	0.99	49.96
133	719/2023	14.15	28.03	54.67	33.09	24.97	27.56	37.86	19.52	33	56.9	36.13	30.57	43.23	6.37	13.48	11.68	5.07	223.9	2.75	606.95	-56	49.39	50	224.2	2.42	535.51	-38	0.99	49.96
134	719/2023	14.16	28.35	54.96	33.38	24.84	27.74	38.31	19.82	33.38	57.66	36.41	30.8	43.5	6.4	13.59	11.79	5.12	223.9	2.76	611.77	-55	49.39	50	224.2	2.43	537.72	-39	0.99	49.96
135	719/2023	14.17	28.26	54.99	33.59	24.84	27.74	38.31	19.82	33.38	57.66	36.41	30.8	43.5	6.4	13.59	11.79	5.12	223.9	2.76	611.77	-55	49.39	50	224.2	2.43	537.72	-39	0.99	49.96
136	719/2023	14.18	28.26	55.14	33.8	24.92	27.81	38.42	19.75	33.59	57.25	36.7	30.71	43.54	6.45	13.66	11.86	5.09	224.2	2.77	614.2	-55	49.39	50	224.4	2.44	540.42	-37	0.99	49.96
137	719/2023	14.19	28.27	55.19	33.95	25.02	27.81	38.54	19.69	33.76	57.24	36.78	30.66	43.57	6.45	13.67	11.91	5.11	224.3	2.77	614.2	-55	49.39	50	224.4	2.44	540.42	-37	0.99	49.96
138	719/2023	14.20	28.16	55.23	34.17	24.87	27.84	38.61	19.69	33.94	57.3	36.77	30.71	43.57	6.44	13.71	11.96	5.09	224.1	2.78	618.05	-57	49.39	50	224.3	2.46	542.9	-36	0.99	49.96
139	719/2023	14.21	28.16	55.23	34.17	24.87	27.84	38.61	19.69	33.94	57.3	36.77	30.71	43.57	6.44	13.71	11.96	5.09	224.1	2.78	618.05	-57	49.39	50	224.3	2.46	542.9	-36	0.99	49.96
140	719/2023	14.22	28.06	55.43	34.35	24.87	27.85	38.78	19.73	34.32	57.24	36.8	30.42	43.37	6.5	13.81	12.01	5.11	224.1	2.8	620.58	-57	49.39	50	224.4	2.47	544.65	-36	0.99	49.99
141	719/2023	14.23	28.19	55.52	34.55	24.97	27.88	38.87	19.69	34.42	57.21	36.96	30.31	43.46	6.48	13.85	12.07	5.11	224.3	2.8	621.13	-56	49.39	50	224.4	2.47	547.06	-36	0.99	49.97
142	719/2023	14.24	28.16	55.59	34.68	24.89	27.81	38.99	19.63	34.6	57.29	37.02	30.32	43.49	6.47	13.89	12.08	5.12	224	2.8	620.93	-56	49.39	50	224.2	2.47	546.57	-36	0.99	49.97
143	719/2023	14.25	28.07	55.62	34.86	24.87	27.5	39.07	19.69	34.73	57.27	37.1	30.29	43.45	6.47	13.92	12.15	5.1	224.1	2.81	622.79	-53	49.39	50	224.5	2.48	549.52	-35	0.99	49.97
144	719/2023	14.26	28.12	55.69	35.06	24.87	27.53	39.16	19.61	34.81	57.34	37.18	30.14	43.45	6.45	13.97	12.16	5.12	224.1	2.81	622.79	-56	49.39	50	224.3	2.48	549.03	-37	0.99	49.96
145	719/2023	14.27	28.1	55.72	35.24	24.92	27.51	39.3	19.62	35.01	57.34	37.23	30.2	43.7	6.45	14.01	12.21	5.12	223.9	2.82	622.45	-55	49.39	50	224.2	2.49	551.7	-36	0.99	49.96
146	719/2023	14.28	28.02	55.79	35.36	24.92	27.47	39.39	19.65	35.24																				

50	70	90	110	130	150	170	190	210	230	250	270	290	310	330	350	370	390	410	430	450	470	490	510	530	550	570	590	610	630	650	670	690	710	730	750	770	790	810	830	850	870	890	910	930	950	970	990	1010	1030	1050	1070	1090	1110	1130	1150	1170	1190	1210	1230	1250	1270	1290	1310	1330	1350	1370	1390	1410	1430	1450	1470	1490	1510	1530	1550	1570	1590	1610	1630	1650	1670	1690	1710	1730	1750	1770	1790	1810	1830	1850	1870	1890	1910	1930	1950	1970	1990	2010	2030	2050	2070	2090	2110	2130	2150	2170	2190	2210	2230	2250	2270	2290	2310	2330	2350	2370	2390	2410	2430	2450	2470	2490	2510	2530	2550	2570	2590	2610	2630	2650	2670	2690	2710	2730	2750	2770	2790	2810	2830	2850	2870	2890	2910	2930	2950	2970	2990	3010	3030	3050	3070	3090	3110	3130	3150	3170	3190	3210	3230	3250	3270	3290	3310	3330	3350	3370	3390	3410	3430	3450	3470	3490	3510	3530	3550	3570	3590	3610	3630	3650	3670	3690	3710	3730	3750	3770	3790	3810	3830	3850	3870	3890	3910	3930	3950	3970	3990	4010	4030	4050	4070	4090	4110	4130	4150	4170	4190	4210	4230	4250	4270	4290	4310	4330	4350	4370	4390	4410	4430	4450	4470	4490	4510	4530	4550	4570	4590	4610	4630	4650	4670	4690	4710	4730	4750	4770	4790	4810	4830	4850	4870	4890	4910	4930	4950	4970	4990	5010	5030	5050	5070	5090	5110	5130	5150	5170	5190	5210	5230	5250	5270	5290	5310	5330	5350	5370	5390	5410	5430	5450	5470	5490	5510	5530	5550	5570	5590	5610	5630	5650	5670	5690	5710	5730	5750	5770	5790	5810	5830	5850	5870	5890	5910	5930	5950	5970	5990	6010	6030	6050	6070	6090	6110	6130	6150	6170	6190	6210	6230	6250	6270	6290	6310	6330	6350	6370	6390	6410	6430	6450	6470	6490	6510	6530	6550	6570	6590	6610	6630	6650	6670	6690	6710	6730	6750	6770	6790	6810	6830	6850	6870	6890	6910	6930	6950	6970	6990	7010	7030	7050	7070	7090	7110	7130	7150	7170	7190	7210	7230	7250	7270	7290	7310	7330	7350	7370	7390	7410	7430	7450	7470	7490	7510	7530	7550	7570	7590	7610	7630	7650	7670	7690	7710	7730	7750	7770	7790	7810	7830	7850	7870	7890	7910	7930	7950	7970	7990	8010	8030	8050	8070	8090	8110	8130	8150	8170	8190	8210	8230	8250	8270	8290	8310	8330	8350	8370	8390	8410	8430	8450	8470	8490	8510	8530	8550	8570	8590	8610	8630	8650	8670	8690	8710	8730	8750	8770	8790	8810	8830	8850	8870	8890	8910	8930	8950	8970	8990	9010	9030	9050	9070	9090	9110	9130	9150	9170	9190	9210	9230	9250	9270	9290	9310	9330	9350	9370	9390	9410	9430	9450	9470	9490	9510	9530	9550	9570	9590	9610	9630	9650	9670	9690	9710	9730	9750	9770	9790	9810	9830	9850	9870	9890	9910	9930	9950	9970	9990	10010	10030	10050	10070	10090	10110	10130	10150	10170	10190	10210	10230	10250	10270	10290	10310	10330	10350	10370	10390	10410	10430	10450	10470	10490	10510	10530	10550	10570	10590	10610	10630	10650	10670	10690	10710	10730	10750	10770	10790	10810	10830	10850	10870	10890	10910	10930	10950	10970	10990	11010	11030	11050	11070	11090	11110	11130	11150	11170	11190	11210	11230	11250	11270	11290	11310	11330	11350	11370	11390	11410	11430	11450	11470	11490	11510	11530	11550	11570	11590	11610	11630	11650	11670	11690	11710	11730	11750	11770	11790	11810	11830	11850	11870	11890	11910	11930	11950	11970	11990	12010	12030	12050	12070	12090	12110	12130	12150	12170	12190	12210	12230	12250	12270	12290	12310	12330	12350	12370	12390	12410	12430	12450	12470	12490	12510	12530	12550	12570	12590	12610	12630	12650	12670	12690	12710	12730	12750	12770	12790	12810	12830	12850	12870	12890	12910	12930	12950	12970	12990	13010	13030	13050	13070	13090	13110	13130	13150	13170	13190	13210	13230	13250	13270	13290	13310	13330	13350	13370	13390	13410	13430	13450	13470	13490	13510	13530	13550	13570	13590	13610	13630	13650	13670	13690	13710	13730	13750	13770	13790	13810	13830	13850	13870	13890	13910	13930	13950	13970	13990	14010	14030	14050	14070	14090	14110	14130	14150	14170	14190	14210	14230	14250	14270	14290	14310	14330	14350	14370	14390	14410	14430	14450	14470	14490	14510	14530	14550	14570	14590	14610	14630	14650	14670	14690	14710	14730	14750	14770	14790	14810	14830	14850	14870	14890	14910	14930	14950	14970	14990	15010	15030	15050	15070	15090	15110	15130	15150	15170	15190	15210	15230	15250	15270	15290	15310	15330	15350	15370	15390	15410	15430	15450	15470	15490	15510	15530	15550	15570	15590	15610	15630	15650	15670	15690	15710	15730	15750	15770	15790	15810	15830	15850	15870	15890	15910	15930	15950	15970	15990	16010	16030	16050	16070	16090	16110	16130	16150	16170	16190	16210	16230	16250	16270	16290	16310	16330	16350	16370	16390	16410	16430	16450	16470	16490	16510	16530	16550	16570	16590	16610	16630	16650	16670	16690	16710	16730	16750	16770	16790	16810	16830	16850	16870	16890	16910	16930	16950	16970	16990	17010	17030	17050	17070	17090	17110	17130	17150	17170	17190	17210	17230	17250	17270	17290	17310	17330	17350	17370	17390	17410	17430	17450	17470	17490	17510	17530	17550	17570	17590	17610	17630	17650	17670	17690	17710	17730	17750	17770	17790	17810	17830	17850	17870	17890	17910	17930	17950	17970	17990	18010	18030	18050	18070	18090	18110	18130	18150	18170	18190	18210	18230	18250	18270	18290	18310	18330	18350	18370	18390	18410	18430	18450	18470	18490	18510	18530	18550	18570	18590	18610	18630	18650	18670	18690	18710	18730	18750	18770	18790	18810	18830	18850	18870	18890	18910	18930	18950	18970	18990	19010	19030	19050	19070	19090	19110	19130	19150	19170	19190	19210	19230	19250	19270	19290	19310	19330	19350	19370	19390	19410	19430	19450	19470	19490	19510	19530	19550	19570	19590	19610	19630	19650	19670	19690	19710	19730	19750	19770	19790	19810	19830	19850	19870	19890	19910	19930	19950	19970	19990	20010	20030	20050	20070	20090	20110	20130	20150	20170	20190	20210	20230	20250	20270	20290	20310	20330	20350	20370	20390	20410	20430	20450	20470	20490	20510	20530	20550	20570	20590	20610	20630	20650	20670	20690	20710	20730	20750	20770	20790	20810	20830	20850	20870	20890	20910	20930	20950	20970	20990	21010	21030	21050	21070	21090	21110	21130	21150	21170	21190	21210	21230	21250	21270	21290	21310	21330	21350	21370	21390	21410	21430	21450	21470	21490	21510	21530	21550	21570	21590	21610	21630	21650	21670	21690	21710	21730	21750	21770	21790	21810	21830	21850	21870	21890	21910	21930	21950	21970	21990	22010	22030	22050	22070	22090	22110	22130	22150	22170	22190	22210	22230	22250	22270	22290	22310	22330	22350	22370	22390	22410	22430	22450	22470	22490	22510	22530	22550	22570	22590	22610	22630	22650	22670	22690	22710	22730	22750	22770	22790	22810	22830	22850	22870	22890	22910	22930	22950	22970	22990	23010	23030	23050	23070	23090	23110	23130	23150	23170	23190	23210	23230	23250	23270	23290	23310	23330	23350	23370	23390	23410	23430	23450	23470	23490	23510	23530	23550	23570	23590	23610	23630	23650	23670	23690	23710	23730	23750	23770	23790	23810	23830	23850	23870	23890	23910	23930	23950	23970	23990	24010	24030	24050	24070	24090	24110	24130	24150	24170	24190	24210	24230	24250	24270	24290	24310	24330	24350	24370	24390	24410	24430	24450	24470	24490	24510	24530	24550	24570	24590	24610	24630	24650	24670	24690	24710	24730	24750	24770	24790	24810	24830	24850	24870	24890	24910	24930	24950	24970	24990	25010	25030	25050	25070	25090	25110	25130	25150	25170	25190	25210	25230	25250	25270	25290	25310	25330	25350	25370	25390	25410	25430	25450	25470	25490	25510	25530	25550	25570	25590	25610	25630	25650	25670	25690	25710	25730	25750	25770	25790	25810	25830	25850	25870	25890
----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	
212	719/2023	1534	28.5	61.8	45.52	46.4	28.4	27.62	46.31	20.56	45.08	33.8	42.87	23.64	46.71	7.08	16.56	15.12	5.28	225.2	3.8	708.69	-46	0.99	49.98	225.4	2.86	636.91	-28	0.99	49.98
213	719/2023	1535	28.54	61.21	45.52	46.52	27.69	27.69	46.44	20.61	45.28	33.76	42.96	23.77	46.65	7.09	16.91	15.19	5.29	225.1	3.19	716.1	-46	0.99	49.99	225.3	2.86	636.93	-27	0.99	49.99
214	719/2023	1536	28.63	61.38	45.48	46.72	28.21	27.65	46.53	20.69	45.33	34.01	43.11	23.81	46.58	7.13	16.95	15.23	5.31	224.6	3.2	716.89	-46	0.99	49.98	225.5	2.87	639.42	-27	0.99	49.98
215	719/2023	1537	28.67	61.47	45.63	46.83	28.17	27.65	46.62	20.65	45.48	33.85	43.31	23.73	46.57	7.1	16.99	15.24	5.29	224.9	3.22	713.2	-46	0.99	49.97	225.1	2.88	640.51	-26	0.99	49.97
216	719/2023	1538	28.66	61.58	45.96	46.96	28.27	27.69	46.69	20.75	45.65	34.0	43.38	23.82	46.91	7.15	17.05	15.31	5.31	224.9	3.22	716.66	-46	0.99	49.99	225.1	2.88	640.51	-26	0.99	49.99
217	719/2023	1539	28.71	61.61	46.13	46.13	28.76	27.3	46.8	20.75	45.78	34.5	43.5	23.79	46.92	7.03	17.1	15.33	5.31	225.2	3.22	718.62	-47	0.99	49.99	225.4	2.89	643.59	-26	0.99	49.99
218	719/2023	1540	28.73	61.66	46.25	46.25	28.78	27.05	46.93	20.83	45.93	34.5	43.52	23.88	47.06	7.08	17.15	15.35	5.32	225.2	3.23	721.61	-47	0.99	49.99	225.4	2.89	643.59	-26	0.99	49.99
219	719/2023	1541	28.75	61.68	46.36	46.36	28.8	27.05	47.01	20.83	46.12	34.52	43.52	23.88	47.06	7.1	17.19	15.37	5.32	225.2	3.23	720.85	-47	0.99	49.99	225.4	2.9	645.52	-26	0.99	49.99
220	719/2023	1542	28.85	61.86	46.45	46.45	28.85	27.05	47.21	20.9	46.22	34.52	43.52	23.88	47.06	7.15	17.23	15.4	5.31	225.2	3.23	720.85	-45	0.99	49.99	225.5	2.9	645.52	-26	0.99	49.99
221	719/2023	1543	28.87	62.13	46.66	46.66	27.31	28.05	47.32	20.88	46.38	34.52	43.72	23.9	47	7.14	17.29	15.49	5.31	225.2	3.24	722.44	-45	0.99	49.99	225.5	2.92	649.12	-26	0.99	49.99
222	719/2023	1544	28.82	62.2	46.77	46.77	23.18	28.04	47.41	20.9	46.53	34.52	43.83	23.89	47.33	7.2	17.33	15.56	5.34	225.2	3.26	727.54	-45	0.99	49.99	225.3	2.92	649.98	-26	0.99	49.99
223	719/2023	1545	28.84	62.27	46.82	46.82	25.73	28.08	47.51	20.92	46.62	34.52	43.93	23.87	47.22	7.13	17.37	15.63	5.34	225.2	3.26	727.54	-45	0.99	49.99	225.3	2.92	649.98	-26	0.99	49.99
224	719/2023	1546	28.86	62.39	47.07	47.07	26.71	28.1	47.62	20.96	46.69	34.52	43.96	23.85	47.31	7.19	17.42	15.69	5.34	225.1	3.26	727.12	-45	0.99	49.98	225.4	2.93	652.5	-26	0.99	49.98
225	719/2023	1547	28.91	62.5	47.22	47.22	28.06	28.06	47.7	20.9	46.83	34.52	44.13	23.83	47.64	7.16	17.46	15.76	5.34	224.7	3.27	729.16	-46	0.99	49.98	225.1	2.94	653.5	-26	0.99	49.98
226	719/2023	1548	28.94	62.6	47.36	47.36	28.58	28.06	47.77	20.97	47.06	34.52	44.22	23.83	47.67	7.17	17.51	15.78	5.34	224.7	3.28	729.65	-43	0.99	49.97	225.2	2.95	655.7	-25	0.99	49.97
227	719/2023	1549	28.97	62.7	47.49	47.49	28.63	28.06	47.81	20.97	47.13	34.52	44.31	23.83	47.7	7.18	17.53	15.79	5.33	224.7	3.28	730.38	-44	0.99	49.98	224.9	2.96	657.72	-25	0.99	49.97
228	719/2023	1550	28.9	62.79	47.68	47.68	28.79	27.97	48.0	20.92	47.33	34.52	44.32	23.73	47.84	7.18	17.59	15.86	5.33	224.7	3.28	730.38	-44	0.99	49.98	224.9	2.96	657.72	-25	0.99	49.97
229	719/2023	1551	28.87	62.86	47.79	47.79	28.82	27.94	48.05	20.9	47.43	34.52	44.32	23.69	47.85	7.21	17.63	15.89	5.35	224.7	3.29	732.61	-43	0.99	49.96	224.5	2.96	657.72	-25	0.99	49.96
230	719/2023	1552	28.81	62.92	47.94	47.94	27.95	27.91	48.17	20.91	47.62	34.52	44.32	23.59	47.78	7.26	17.67	15.94	5.35	224.2	3.29	730.96	-44	0.99	49.97	224.5	2.97	658.76	-24	0.99	49.96
231	719/2023	1553	28.81	62.96	48.07	48.07	28.8	27.95	48.24	20.94	47.74	34.52	44.4	23.58	47.78	7.26	17.71	15.96	5.34	224.4	3.31	733.86	-44	0.99	49.99	224.3	2.98	660.39	-26	0.99	49.99
232	719/2023	1554	28.85	63.03	48.22	48.22	28.95	28.03	48.34	20.93	47.9	34.52	44.54	23.67	47.83	7.32	17.76	16.01	5.35	224.5	3.31	736.41	-43	0.99	49.98	224.6	2.98	661.87	-26	0.99	49.98
233	719/2023	1555	28.99	63.17	48.44	48.44	29.05	28.06	48.4	21.01	48.02	34.52	44.67	23.75	47.92	7.17	17.86	16.07	5.35	224.3	3.32	741.23	-44	0.99	49.99	224.6	2.99	663.5	-25	0.99	49.99
234	719/2023	1556	29.06	63.26	48.46	48.46	29.16	28.13	48.49	21.02	48.08	34.52	44.75	23.82	47.97	7.17	17.86	16.11	5.37	225	3.31	741.33	-42	0.99	49.98	226.2	2.99	665.99	-24	0.99	49.98
235	719/2023	1557	29.11	63.35	48.58	48.58	29.17	28.13	48.61	21.03	48.08	34.52	44.86	23.86	48.1	7.23	17.91	16.15	5.36	225.6	3.31	742.97	-43	0.99	49.98	226.2	2.99	665.99	-24	0.99	49.98
236	719/2023	1558	29.13	63.38	48.63	48.63	29.18	28.13	48.61	21.03	48.08	34.52	44.86	23.86	48.1	7.23	17.91	16.15	5.36	225.6	3.31	742.97	-43	0.99	49.98	226.2	2.99	665.99	-24	0.99	49.98
237	719/2023	1559	29.27	63.63	48.93	48.93	29.31	28.31	48.86	21.21	48.45	34.52	44.85	23.91	48.21	7.32	18.01	16.29	5.39	225.4	3.33	745.83	-43	0.99	50	225.6	3.01	670.31	-24	0.99	50
238	719/2023	1600	29.3	63.71	49.03	49.03	27.79	28.35	48.88	21.24	48.69	34.52	44.85	23.91	48.05	7.23	18.05	16.3	5.38	225.4	3.34	746.06	-43	0.99	50.01	225.7	3.01	671.2	-24	0.99	50.01
239	719/2023	1601	29.4	63.87	49.14	49.14	27.44	28.45	49.12	21.29	48.88	34.52	44.79	23.93	48.13	7.32	18.11	16.4	5.41	225.5	3.35	746.63	-42	0.99	50.02	225.7	3.02	673.43	-23	0.99	50.01
240	719/2023	1602	29.41	64.04	49.28	49.28	28.41	28.49	49.39	21.35	48.94	34.52	44.79	23.93	48.16	7.31	18.16	16.44	5.4	225.5	3.35	746.63	-42	0.99	50.02	225.6	3.03	675.86	-22	0.99	50.02
241	719/2023	1603	29.46	64.18	49.41	49.41	29.05	28.58	49.38	21.38	49.21	34.52	44.79	23.93	48.16	7.29	18.16	16.45	5.41	225.4	3.36	750.53	-42	0.99	50.01	225.7	3.03	675.86	-24	0.99	50.02
242	719/2023	1604	29.51	64.27	49.57	49.57	27.96	28.51	49.51	21.42	49.14	34.52	44.79	23.93	48.16	7.3	18.26	16.49	5.41	225.7	3.37	753.76	-42	0.99	50.02	226.1	3.04	679.1	-23	0.99	50.02
243	719/2023	1605	29.5	64.35	49.72	49.72	27.96	28.51	49.51	21.42	49.14	34.52	44.79	23.93	48.16	7.3	18.26	16.49	5.41	225.7	3.37	753.76	-42	0.99	50.02	226.1	3.04	679.1	-23	0.99	50.02
244	719/2023	1606	29.5	64.35	49.72	49.72	27.96	28.51	49.51	21.42	49.14	34.52	44.79	23.93	48.16	7.3	18.26	16.49	5.41	225.7	3.37	753.76	-42	0.99	50.02	226.1	3.04	679.1	-23	0.99	50.02
245	719/2023	1607	29.6	64.6	50.01	50.01	27.62	28.63	49.71	21.47	49.16	34.52	44.79	23.93	48.16	7.3	18.33	16.53	5.43	225.9	3.38	759.01	-42	0.99	50.01	226.2	3.05	683.67	-21	0.99	50.01
246	719/2023	1608	29.6	64.7	50.11	50.11	26.61	28.6	49.84	21.46	49.16	34.52	44.79	23.93	48.16	7.34	18.45	16.57	5.43	225.9	3.39	759.01	-41	0.99	49.98	226.2	3.06	683.67	-21	0.99	49.98
247	719/2023	1609	29.63	64.82	50.26	50.26	27.38	28.56	49.92	21.47	49.91	34.52	44.79	23.93	48.16	7.35	18.48	16.55	5.43	226	3.39	759.24	-40	0.99	49.98	226.5	3.06	684.77	-21	0.99	49.98
248	719/2023	1610	29.65	64.89	50.39	50.39	26.92	28.66	50.07	21.57	50.07	34.52	44.79	23.93	48.16	7.36	18.54	16.6	5.44	226.2	3.4	762.16	-40	0.99	50	226.5	3.07	687.01	-21	0.99	50.01
249	719/2023	1611	29.8	65.2	50.62	50.62	28.77	29.08	50.18	21.64	50.18	34.52	44.79	23.93	48.16	7.31	18.59	16.84	5.44	226.3	3.4	762.16	-39	0.99	50.01	226.6	3.07	687.01	-22	0.99	50.01
250	719/2023	1612	29.82	65.21	50.67	50.67	28.79	29.08	50.28	21.65	50.28	34.52	44.79	23.93	48.16	7.45	18.63	16.9	5.45	227.1	3.4	765.19	-40	0.99	50.03	227.2	3.0				

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	
265	719/2023	16:27	30.33	66.89	52.67	28.28	28.23	51.77	52.29	52.39	52.39	42.47	47.53	30.45	50.15	7.46	19.34	17.59	5.49	228.3	3.48	787.33	-35	0.99	49.98	228.5	3.15	778.42	-16	0.99	49.97
266	719/2023	16:28	30.38	66.99	52.84	28.96	28.25	51.96	52.53	52.53	52.53	42.64	47.53	30.45	49.85	7.51	19.39	17.67	5.49	228.3	3.48	787.33	-36	0.99	49.98	228.4	3.16	778.06	-17	0.99	49.99
267	719/2023	16:29	30.4	67.1	52.97	29.12	28.22	51.97	52.42	52.42	52.42	42.64	47.58	30.45	50.04	7.53	19.42	17.74	5.49	228.5	3.49	790.29	-34	0.99	49.98	228.5	3.16	773.4	-17	0.99	49.98
268	719/2023	16:30	30.5	67.25	53.14	28.05	28.26	52.05	52.21	52.69	52.69	42.64	47.63	30.46	50.13	7.53	19.48	17.78	5.49	228.4	3.49	789.24	-35	0.99	49.99	228.6	3.17	776.24	-17	0.99	49.99
269	719/2023	16:31	30.5	67.36	53.29	28.45	28.32	52.2	52.31	52.79	52.79	42.71	47.79	30.46	50.13	7.59	19.53	17.79	5.49	228.4	3.5	792.21	-35	0.99	50	228.5	3.17	776.24	-17	0.99	50
270	719/2023	16:32	30.5	67.46	53.44	28.61	28.32	52.25	52.31	52.79	52.79	42.87	47.82	30.41	50.28	7.6	19.57	17.87	5.51	228.6	3.51	794.3	-36	0.99	49.99	228.5	3.17	776.8	-16	0.99	49.98
271	719/2023	16:33	30.51	67.56	53.46	28.61	28.32	52.24	52.31	52.79	52.79	42.86	47.84	30.41	50.28	7.63	19.61	17.89	5.51	228.4	3.51	794.3	-36	0.99	49.99	228.5	3.18	776.21	-16	0.99	49.98
272	719/2023	16:34	30.51	67.68	53.74	28.78	28.32	52.22	52.31	52.79	52.79	42.83	47.83	30.4	50.71	7.63	19.7	17.97	5.5	228.2	3.52	796.03	-34	0.99	49.98	228.4	3.19	778.12	-16	0.99	49.97
273	719/2023	16:35	30.51	67.88	53.74	28.78	28.32	52.22	52.31	52.79	52.79	42.83	47.83	30.4	50.71	7.63	19.7	17.97	5.5	228.2	3.52	796.03	-34	0.99	49.98	228.4	3.19	778.12	-16	0.99	49.97
274	719/2023	16:36	30.47	67.77	53.88	29.78	29.31	52.56	52.31	53.45	53.45	42.83	47.83	30.47	50.71	7.63	19.75	18.02	5.51	227.6	3.54	799.15	-36	0.99	50	227.6	3.21	772.73	-17	0.99	49.99
275	719/2023	16:37	30.51	67.93	54.17	28.47	29.27	52.64	52.31	53.76	53.76	42.92	48.22	30.32	50.71	7.6	19.79	18.1	5.51	227.7	3.55	801.06	-35	0.99	49.98	227.9	3.22	776.03	-16	0.99	49.98
276	719/2023	16:38	30.62	67.99	54.29	28.54	29.33	52.73	52.38	53.86	53.86	42.92	48.22	30.41	50.78	7.57	19.84	18.15	5.51	227.2	3.55	801.55	-34	0.99	49.99	227.6	3.23	776.96	-16	0.99	49.99
277	719/2023	16:39	30.62	68.13	54.31	28.52	29.33	52.73	52.38	53.86	53.86	42.92	48.22	30.41	50.78	7.57	19.84	18.15	5.51	227.2	3.55	801.55	-34	0.99	49.99	227.6	3.23	776.96	-16	0.99	49.99
278	719/2023	16:40	30.61	68.23	54.41	28.57	29.4	52.96	52.46	54.01	54.01	42.95	48.55	30.44	50.69	7.56	19.89	18.15	5.51	227.2	3.56	801.55	-34	0.99	49.99	227.6	3.24	776.23	-17	0.99	49.99
279	719/2023	16:41	30.63	68.3	54.6	29.03	29.34	53.09	52.46	54.16	54.16	42.97	48.54	30.45	50.95	7.63	19.96	18.23	5.52	227.2	3.56	801.55	-34	0.99	49.98	227.4	3.24	772.93	-16	0.99	49.98
280	719/2023	16:42	30.63	68.3	54.6	29.03	29.34	53.09	52.46	54.16	54.16	42.97	48.54	30.45	50.95	7.63	19.96	18.23	5.52	227.2	3.56	801.55	-34	0.99	49.98	227.4	3.24	772.93	-16	0.99	49.98
281	719/2023	16:43	30.63	68.46	54.86	29.13	29.4	53.27	52.46	54.41	54.41	42.94	48.56	30.36	50.96	7.59	20.07	18.37	5.53	226.5	3.59	804.75	-35	0.99	49.96	226.4	3.27	770.7	-15	0.99	49.97
282	719/2023	16:44	30.6	68.57	54.96	29.15	29.32	53.35	52.46	54.41	54.41	42.94	48.56	30.36	50.96	7.61	20.11	18.41	5.52	226.5	3.59	804.75	-34	0.99	49.95	226.4	3.27	770.7	-16	0.99	49.96
283	719/2023	16:45	30.65	68.59	55.06	29.15	29.32	53.41	52.47	54.53	54.53	42.97	48.74	30.36	51.07	7.62	20.16	18.43	5.52	226.5	3.6	806.28	-34	0.99	49.95	226.4	3.27	770.6	-16	0.99	49.96
284	719/2023	16:46	30.68	68.72	55.27	29.57	29.39	53.47	52.49	54.62	54.62	42.97	48.88	30.44	51.27	7.58	20.21	18.46	5.53	226.5	3.6	806.28	-34	0.99	49.97	226.7	3.27	772.41	-15	0.99	49.96
285	719/2023	16:47	30.68	68.85	55.31	30.45	29.43	53.58	52.56	54.92	54.92	42.92	48.87	30.4	51.28	7.6	20.26	18.52	5.53	226.7	3.61	811.02	-34	0.99	49.97	226.3	3.28	775.3	-15	0.99	49.97
286	719/2023	16:48	30.68	68.89	55.44	28.42	29.43	53.69	52.6	55.13	55.13	42.95	49.03	30.49	51.29	7.73	20.3	18.61	5.54	226.3	3.62	811.03	-34	0.99	49.96	226.5	3.29	776.24	-15	0.99	49.97
287	719/2023	16:49	30.71	68.99	55.6	28.42	29.43	53.79	52.59	55.13	55.13	42.95	49.03	30.49	51.29	7.73	20.34	18.64	5.54	226.3	3.62	811.03	-34	0.99	49.97	226.5	3.3	776.24	-15	0.99	49.97
288	719/2023	16:50	30.74	69.1	55.6	28.42	29.43	53.84	52.61	55.27	55.27	42.97	49.17	30.44	51.35	7.69	20.4	18.71	5.53	226.1	3.63	813.35	-34	0.99	49.97	226.3	3.3	773.83	-15	0.99	49.98
289	719/2023	16:51	30.79	69.1	55.6	28.6	29.41	53.94	52.61	55.27	55.27	42.97	49.17	30.44	51.35	7.69	20.44	18.76	5.55	226.1	3.65	817.84	-33	0.99	49.97	226.3	3.32	776.23	-15	0.99	49.97
290	719/2023	16:52	30.79	69.3	56.11	29.45	29.41	54.1	52.59	55.64	55.64	42.97	49.21	30.42	51.94	7.63	20.53	18.76	5.55	226.1	3.65	817.84	-33	0.99	49.97	226.3	3.32	776.23	-15	0.99	49.97
291	719/2023	16:53	30.79	69.36	56.11	29.45	29.41	54.1	52.59	55.64	55.64	42.97	49.21	30.42	51.94	7.63	20.53	18.76	5.55	226.1	3.65	817.84	-33	0.99	49.97	226.3	3.32	776.23	-15	0.99	49.97
292	719/2023	16:54	30.8	69.48	56.24	28.89	29.46	54.19	52.65	55.78	55.78	42.96	49.45	30.43	51.97	7.68	20.58	18.87	5.56	225.9	3.66	819.35	-33	0.99	49.97	226.5	3.32	774.96	-15	0.99	49.98
293	719/2023	16:55	30.82	69.55	56.37	28.85	29.53	54.33	52.72	55.93	55.93	42.96	49.46	30.47	51.62	7.63	20.63	18.91	5.56	225.7	3.67	822.68	-33	0.99	49.97	226.3	3.33	774.21	-14	0.99	49.97
294	719/2023	16:56	30.86	69.67	56.56	28.57	29.59	54.36	52.77	56.95	56.95	42.93	49.53	30.54	51.97	7.72	20.68	19.01	5.56	226.2	3.67	822.68	-32	0.99	49.97	226.4	3.34	774.71	-15	0.99	49.99
295	719/2023	16:57	30.91	69.89	56.64	28.57	29.63	54.5	52.6	56.95	56.95	42.93	49.53	30.54	51.97	7.76	20.72	19.1	5.56	226.2	3.67	822.68	-32	0.99	49.97	226.4	3.34	774.71	-15	0.99	49.99
296	719/2023	16:58	30.96	69.89	56.64	28.57	29.63	54.5	52.6	56.95	56.95	42.93	49.53	30.54	51.97	7.76	20.72	19.1	5.56	226.2	3.67	822.68	-32	0.99	49.97	226.4	3.34	774.71	-15	0.99	49.99
297	719/2023	16:59	30.96	69.89	56.64	28.57	29.63	54.5	52.6	56.95	56.95	42.93	49.53	30.54	51.97	7.76	20.72	19.1	5.56	226.2	3.67	822.68	-32	0.99	49.97	226.4	3.34	774.71	-15	0.99	49.99
298	719/2023	17:00	31	70.07	57.19	28.62	29.68	54.79	52.91	56.68	56.68	42.95	49.56	30.61	51.99	7.74	20.91	19.2	5.57	226.3	3.7	823.77	-32	0.99	50.01	226.5	3.37	775.45	-14	0.99	50.01
299	719/2023	17:01	31.05	70.5	57.19	28.62	29.68	54.79	52.91	56.68	56.68	42.95	49.56	30.61	51.99	7.74	20.91	19.2	5.57	226.3	3.7	823.77	-32	0.99	50.01	226.5	3.37	775.45	-14	0.99	50.01
300	719/2023	17:02	31.05	70.28	57.34	29.26	29.72	54.94	52.92	56.8	56.8	44.79	50.04	30.67	52.05	7.71	20.96	19.25	5.58	226.2	3.71	831.65	-33	0.99	50.02	226.5	3.38	775.72	-14	0.99	50.02
301	719/2023	17:03	31.11	70.42	57.42	28.06	29.69	55.06	52.95	56.85	56.85	44.47	50.21	30.54	52.18	7.69	21.01	19.31	5.57	226.5	3.71	832.75	-33	0.99	50.03	226.7	3.39	775.05	-14	0.99	50.03
302	719/2023	17:04	31.08	70.54	57.63	27.01	29.69	55.14	52.94	56.93	56.93	44.44	50.21	30.54	52.18	7.73	21.05	19.33	5.57	226.1	3.72	833.52	-34	0.99	50.04	226.4	3.39	776.23	-14	0.99	50.04
303	719/2023	17:05	31.08	70.58	57.72	32.66	29.69	55.29	52.9	57.33	57.33	44.4	50.47	30.58	52.39	7.77	21.14	19.42	5.59	226.4	3.72										

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE
371 7/19/2023	18.13	44.58	56.42	65.4	47.26	43.9	45.34	45.1	32.19	64.71	60.82	42.63	35.71	46.46	12.97	13.01	13.01	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
372 7/19/2023	18.14	44.48	54.4	65.39	46.77	43.1	44.41	44.1	32.66	64.77	60.59	41.97	35.99	45.57	12.81	12.84	12.85	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
373 7/19/2023	18.15	43.92	52.69	65.39	46.77	43.1	44.41	44.1	32.66	64.77	60.59	41.97	35.99	45.57	12.81	12.84	12.85	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
374 7/19/2023	18.16	43.47	51.44	65.39	45.28	42.4	43.7	43.2	32.9	64.75	60.06	41.59	35.91	44.76	12.65	12.68	12.68	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
375 7/19/2023	18.17	43.21	50.51	65.41	45.28	41.74	43.08	43.1	33.1	64.7	59.64	41.34	35.91	44.3	12.5	12.53	12.53	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
376 7/19/2023	18.18	42.8	49.63	65.39	44.34	42.49	43.16	43.16	33.16	64.71	59.64	41.1	35.66	43.65	12.35	12.38	12.38	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
377 7/19/2023	18.19	42.59	48.36	65.37	43.34	41.55	43.72	43.72	33.72	64.72	59.78	40.81	35.78	42.53	12.16	12.19	12.19	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
378 7/19/2023	18.20	42.07	46.36	65.31	43.34	40.83	43.72	43.72	33.72	64.72	59.78	40.81	35.78	42.53	12.16	12.19	12.19	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
379 7/19/2023	18.21	41.72	47.65	65.4	43.54	40.5	43.94	40.5	33.99	64.78	59.46	40.31	35.69	42.23	11.96	11.99	11.99	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
380 7/19/2023	18.22	41.42	47.37	65.35	43.19	40.4	40.78	34.03	33.87	64.79	58.04	40.04	35.71	42.1	11.85	11.87	11.87	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
381 7/19/2023	18.23	41.16	46.91	65.34	42.81	39.84	40.37	33.87	33.87	64.71	57.32	39.84	35.59	41.94	11.74	11.77	11.77	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
382 7/19/2023	18.24	40.94	46.54	65.38	42.46	39.65	40	34.19	34.19	64.71	57.32	39.84	35.59	41.94	11.64	11.66	11.66	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
383 7/19/2023	18.25	40.63	46.2	65.35	42.01	39.46	39.72	34.3	34.3	64.69	57.43	39.41	35.52	41.23	11.54	11.56	11.57	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
384 7/19/2023	18.26	40.42	45.87	65.31	41.53	39.02	39.18	34.7	34.7	64.74	57	39.21	35.46	40.93	11.47	11.47	11.47	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
385 7/19/2023	18.27	40.2	45.64	65.36	41.53	39.02	39.18	34.7	34.7	64.74	57	39.21	35.46	40.93	11.36	11.39	11.39	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
386 7/19/2023	18.28	39.8	45.39	65.3	41.53	39.02	39.18	34.7	34.7	64.74	57	39.21	35.46	40.93	11.22	11.22	11.22	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
387 7/19/2023	18.29	39.73	45.01	65.32	40.67	38.77	38.65	34.13	34.13	64.71	56.13	38.63	35.27	40.33	11.13	11.14	11.14	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
388 7/19/2023	18.30	39.53	44.71	65.34	40.33	38.5	38.41	33.74	33.74	64.69	55.66	38.32	35.16	40.17	11.06	11.08	11.09	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
389 7/19/2023	18.31	39.37	44.39	65.34	40.06	38.5	38.19	34.22	34.22	64.69	55.66	38.32	35.16	40.11	11.06	11.08	11.09	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
390 7/19/2023	18.32	39.14	44.09	65.29	39.74	38.18	38.1	34.44	34.44	64.69	54.66	38.13	35.12	39.89	11	11.02	11.02	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
391 7/19/2023	18.33	38.91	43.89	65.3	39.43	38	37.91	34.13	34.13	64.69	54.66	38.13	35.12	39.89	10.94	10.95	10.97	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
392 7/19/2023	18.34	38.8	43.73	65.31	39.19	37.93	37.93	34.05	34.05	64.69	54.66	37.93	35.51	39.55	10.88	10.88	10.88	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
393 7/19/2023	18.35	38.61	43.44	65.31	38.88	37.85	37.86	34.07	34.07	64.67	54.6	37.77	34.94	39.46	10.8	10.84	10.85	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
394 7/19/2023	18.36	38.43	43.23	65.29	38.68	37.85	37.86	34.04	34.04	64.73	54.6	37.72	34.82	39.42	10.77	10.79	10.79	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
395 7/19/2023	18.37	38.2	42.9	65.3	38.11	37.3	37.18	33.9	33.9	64.62	53.96	37.46	35.1	39.02	10.67	10.68	10.67	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
396 7/19/2023	18.38	38.12	42.9	65.3	38.11	37.3	37.18	33.9	33.9	64.62	53.96	37.46	35.1	39.02	10.67	10.68	10.67	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
397 7/19/2023	18.39	37.96	42.75	65.28	37.9	37.24	37.08	34.07	34.07	64.73	52.94	37.34	34.97	38.84	10.59	10.59	10.59	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
398 7/19/2023	18.40	37.84	42.59	65.25	37.61	37.65	37	34.6	34.6	64.73	52.94	37.34	34.97	38.84	10.59	10.59	10.59	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
399 7/19/2023	18.41	37.62	42.34	65.29	37.36	36.89	36.9	34.8	34.8	64.69	52.66	37.16	34.81	38.63	10.51	10.51	10.51	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
400 7/19/2023	18.42	37.62	42.34	65.29	37.36	36.89	36.9	34.8	34.8	64.69	52.66	37.16	34.81	38.63	10.51	10.51	10.51	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
401 7/19/2023	18.43	37.47	42.19	65.25	36.91	36.43	36.67	34.08	34.08	64.64	51.98	36.76	34.79	38.47	10.44	10.44	10.44	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
402 7/19/2023	18.44	37.39	42.01	65.22	36.8	36.43	36.67	34.07	34.07	64.7	51.98	36.76	34.79	38.47	10.44	10.44	10.44	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
403 7/19/2023	18.45	37.32	41.77	65.22	36.48	36.02	36.51	34.25	34.25	64.66	51.5	36.38	34.76	38.32	10.36	10.36	10.36	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
404 7/19/2023	18.46	37.26	41.77	65.22	36.48	36.02	36.51	34.25	34.25	64.66	51.5	36.38	34.76	38.32	10.36	10.36	10.36	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
405 7/19/2023	18.47	37.17	41.63	65.22	36.3	35.97	36.45	33.97	33.97	64.62	51.19	36.38	34.82	38.21	10.35	10.35	10.35	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
406 7/19/2023	18.48	37.12	41.49	65.22	36.23	35.81	36.46	33.91	33.91	64.69	51.14	36.03	34.7	38.21	10.32	10.32	10.32	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
407 7/19/2023	18.49	37.12	41.39	65.23	36.12	35.65	36.42	34.05	34.05	64.67	50.91	35.66	34.7	38.12	10.3	10.3	10.31	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
408 7/19/2023	18.50	37.08	41.2	65.21	35.96	35.74	36.27	33.81	33.81	64.64	50.58	35.66	34.61	38.02	10.28	10.28	10.29	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
409 7/19/2023	18.51	37.03	41.05	65.21	35.91	35.58	36.2	33.65	33.65	64.7	50.23	35.53	34.53	37.97	10.26	10.26	10.25	9.22	226.2	4.09	96.63	-20	0.99	49.99	226.5	3.76	841.42	0	0.99	49.99	
410 7/19/2023	18.52	37.06	40.94	65.26	35.78																										

Bibliografía

- [1] El Pacto Verde Europeo . https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0004.02/DOC_1&format=PDF.
- [2] Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios. <https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>.
- [3] Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables . <https://www.boe.es/doue/2018/328/L00082-00209.pdf>.
- [4] Gaspar Payá-Ballester Bárbara Torregrosa-Jaime, Pedro J. Martínez Benjamín González. *Analysis of the Operation of an Aerothermal Heat Pump in a Residential Building Using Building Information Modelling*. <https://doi.org/10.3390/en11071642>.
- [5] Francisco Morales Benítez. *Implementación del sistema de adquisición por Modbus y simulación del control de una aerotermia para la realización de ensayos en laboratorio*, 2022.
- [6] David Camúñez Rodríguez. *Desarrollo de un sistema de monitorización y registro de datos de una bomba de calor*, 2022.
- [7] Midea. *Manual de Usuario, Instalación y Mantenimiento*. https://www.midea.es/wp-content/uploads/2019/06/281020_MI-MU-MT_M_COMBO-RSJASOLAR-ES.pdf.
- [8] International Electrotechnical Commision. *International Standard IEC 61131-3*.

- [9] TC-SA. *Termopar – Información Técnica*. <https://www.tc-sa.es/termopares-informacion/termopares-informacion-tecnica.html#thermocouple-theory>.
- [10] TCDirect. *Transmisores Industriales de Presión y Vacío*. <http://www.tcdirect.es/product-2-355-2/Transmisores-Industriales-de-Presi%c3%b3n-y-Vac%c3%ado>.
- [11] Siemens. *ET 200SP Módulo de entradas analógicas AI 4xRTD/TC 2-/3-/4- wire HF (6ES7134-6JD00-0CA1)*, 2021. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/600/59753600/att_71720/v1/et200sp_ai_4xrtd_tc_2_3_4_wire_hf_manual_es-ES_es-ES.pdf.
- [12] Solenoid Valves. *Wiring a electrical DIN Electrical Connector*. <https://www.connexion-developments.com/din-connectors.html>.
- [13] Siemens. *Analog Input Module AI 4xU/I 2-wire ST (6ES7134-6HD01-0BA1)*, 2020. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/624/59753624/att_75684/v1/et200sp_ai_4xu_i_2_wire_st_manual_es-ES_es-ES.pdf.
- [14] SACI. *Analizador Contador de Energía Monofásico M2DL2*, 2017. <https://www.saci.es/producto/m2dl2/>.
- [15] Siemens. *ET 200SP Módulo de comunicación CM PtP (6ES7137-6AA00-0BA0)*, 2013. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/378/59061378/att_54613/v1/et200sp_cm_freeport-3964_manual_es-ES_es-ES.pdf.
- [16] Modbus Organization. *About The Protocol*, 2005-2023. <https://modbus.org/faq.php>.
- [17] Siemens. *Módulos de comunicación Modbus RTU RS 485*, 2021. https://cache.industry.siemens.com/dl/files/906/44880906/att_70367/v1/A5E03089278-ABes_USMII_MODBUS_AOM_OI_es-ES.pdf.
- [18] Siemens. *Modbus RTU instructions*, 2016. <https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/109741593?c=90540445067&lc=en-WW>.
- [19] ALICAT scientific. *OPERATING MANUAL CODA-SERIES CORIOLIS MASS FLOW DEVICES*. https://www.alicat.com/wp-content/documents/manuals/DOC-MANUAL-CODA.pdf?_gl=1*w0mpzy*_gcl_au*MTE4NjIwMjI4MS4xNjkwMTg2OTU3.

- [20] InfoPLC. *Supervisión y registro de datos (Data-Log) con Siemens S7-1200*, 2017. <https://www.infoplc.net/descargas/102-siemens/automatas/s7-200/2688-siemens-s7-1200-supervision-registro-datos-datalog-temperatura>.
- [21] Abel Domínguez. *Programación Multidisciplinar*. <https://www.youtube.com/@ProgramacionMultidisciplinar>.
- [22] TecnoPLC. *Conectar smartphone a pantalla HMI siemens de forma remota*, 2022. <https://www.tecnoplac.com/conectar-smartphone-a-pantalla-hmi-siemens-de-forma-remota/>.
- [23] Siemens. *Conexión de una CPU S7-1200 / S7-1500 a una base de datos SQL*, 2022. <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109779336/conexi%C3%B3n-de-una-cpu-s7-1200-s7-1500-a-una-base-de-datos-sql?dti=0&lc=es-ES>.
- [24] Francesco Madonna. *Annual performances of reversible air-to-water heat pumps in small residential buildings*. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.06.016>.
- [25] RealPars. *Where PLC programmers go to grow*. <https://realpars.com/blog/>.
- [26] OpenAI. *ChatGPT*, 2021. <https://chat.openai.com/>.
- [27] Yoshiaki Shibata. *Aerothermal Energy Use by Heat Pumps in Japan*.
- [28] Emile Ackbarali. *Canal de Emile Ackbarali*. <https://www.youtube.com/EmileAckbarali/featured>.

